LE MAGAZINE DES NEUROSCIENCES, DE LA PSYCHOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT PERSONNEL

N° 33 • BIMESTRIEL • novembre/décembre 2013

LE MONDE DE L'intelligence

NOUVELLE FORMULE

En quelques mois se créent plus de 90 milliards de neurones, soit autant que d'étoiles dans la galaxie ! C'EST LE BIG-BANG NEURONAL.

DOSSIER EXCEPTIONNEL

L'ODYSSÉE DU CERVEAU

L'évolution de l'intelligence, de Cro-Magnon au cerveau du futur

GUÉRIR LES ACOUPHÈNES ?

La découverte qui révolutionne tout

SANTÉ
LES DANGERS DE LA JUNK FOOD

COMPRENDRE
MAUVAIS RÊVES ET CAUCHEMARS

+ LE CAHIER JEUX : LOGIQUE, NOMBRES, OBSERVATION…

SCIENCES

Version Digitale HDS

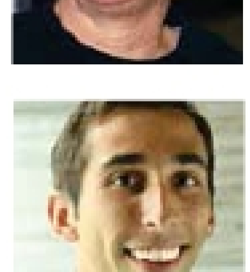
Collaborateurs



Ils comptent parmi les plus grands spécialistes mondiaux dans leur domaine et ont participé de près à la longue élaboration des sujets qui vous sont proposés dans ce numéro. Sans eux, le travail d'investigation de nos journalistes serait impossible !



JENNIFER MATHER est chercheuse au département de psychologie de l'université de Lethbridge, Canada.



JOSEPH VITTI est thésard au Sabeti Lab de l'université Harvard, États-Unis.

LAURE BONNAUD est maître de conférences au Muséum National d'Histoire Naturelle, France.

ANTOINE BALZEAU est paléoanthropologue, chercheur au CNRS et au Muséum d'Histoire naturelle, France.

JOHN HAWKS est professeur d'anthropologie à l'université du Wisconsin, États-Unis.

SARAH GRIPSHOVER est doctorante au département de psychologie de l'université Stanford, États-Unis.

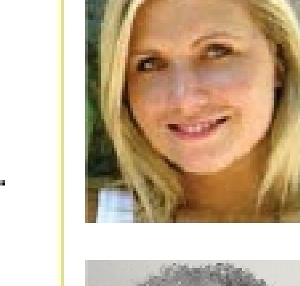
NICOLETTA DIASIO est directrice du laboratoire Cultures et Sociétés du CNRS – université de Strasbourg, France.



STEFAN STIEGER est chercheur en psychologie à l'université de Vienne, Autriche.

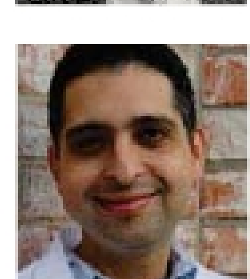


BEN MARDER est doctorant en marketing à la Business School de l'université d'Édimbourg, Royaume-Uni.



AMY MUISE est chercheuse en psychologie à l'université de Guelph, Canada.

ALAIN BERTHOZ, est professeur honoraire de la Chaire de physiologie de la perception et de l'action du Collège de France, France.



NAVZER ENGINEER est chercheur à l'université de Dallas et à l'entreprise de biotechnologie MicroTransponder, États-Unis.



BERTHOLD LANGGUTH est directeur du Centre interdisciplinaire sur les acouphènes de l'université de Ratisbonne, Allemagne.



MARC CHANGIZI est neurobiologiste. Il dirige la section "cognition humaine" au 2ai Labs de la Boise State University, États-Unis.



HEIKE ARGSTATTER est directrice de recherche au Centre allemand pour la recherche en musicothérapie d'Heidelberg, Allemagne.



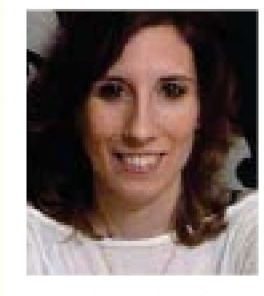
EMILY DUVAL est professeur à la faculté des sciences biologiques de l'université d'État de Floride, États-Unis.



JAMES PAGEL est professeur à l'université du Colorado et directeur du centre des troubles du sommeil du Colorado Sud, États-Unis.



TORE NIELSEN est directeur de recherche au Centre d'études sur le sommeil de l'hôpital du Sacré-Cœur de Montréal, Canada.



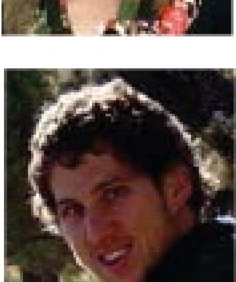
CHIARA SAMBO est chercheuse au département de neurosciences, physiologie et pharmacologie de l'University College de Londres, Royaume-Uni.



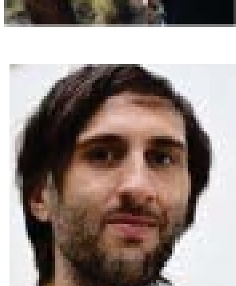

JUAN LUPIÁÑEZ est professeur de psychologie expérimentale et neurosciences cognitives à l'université de Grenade, Espagne.



SUZANNE DASH est assistante de recherche en psychologie à l'université de Sussex, Royaume-Uni.



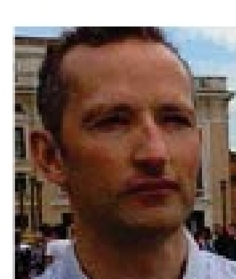

NOAH SNYDER-MACKLER est doctorant au département de psychologie de l'université de Pennsylvanie, États-Unis.



SEBASTIAN DIEGUEZ est chercheur en neurologie à l'université de Fribourg, Suisse.



BERNARD SABLONNIÈRE est professeur à la faculté de médecine de Lille et chercheur au centre de recherche Inserm JPARC, France.

ROGER POCOCK est directeur de recherche au Biotech Research & Innovation Centre de l'université de Copenhague, Danemark.



LISA SMITHERS est chercheuse en nutrition au département de santé publique de l'université d'Adelaide, Australie.



ANU RUUSUNEN est chercheuse en épidémiologie nutritionnelle à l'université de l'est de la Finlande, Finlande.

Le Monde de l'Intelligence
est édité par Mondeo publishing SAS
RCS 2005 B 07734

Siège social
Mondeo publishing SAS
27, avenue de l'Opéra
75001 Paris

Coordonnées de la rédaction
Mondeo Publishing SAS
Le Monde de l'intelligence
4, rue Poirier
94160 Saint-Mandé
Tél. : 01.75.43.40.59
Fax : 01.75.43.40.18
redaction@mondeo.fr

Directeur de la publication
Gilles Harpoutian
(harpoutian@mondeo.fr)

Rédacteur en chef
Gilles Marchand

Maquette
Caroline Lormeau et Séverine Soury

Ont collaboré à ce numéro (rédaction)
Gilles Marchand, Clémence Gueidan, Marc Olano, Sabine Casalonga, Claire Lecœuvre, Julie Paysant, Nolwenn Le Jannic, Marine Haquin et Victor Haumesser.

Service Abonnement
Le Monde de l'intelligence
Service Abonnement
4, allée Charles V
94300 Vincennes
Tél. : 01.75.43.40.59
Fax : 01.75.43.40.18
lecteur@mondeo.fr
ou retrouvez-nous sur
facebook. com/monde-intelligence

Service ventes et réassorts pour les marchands
Pagure Presse
01.44.69.52.52

Distribution
PRESSTALIS
Commission paritaire et ISSN
CCPAP 0311 K 87703
ISSN n° 1778-7890

Ce magazine est imprimé en France à Ruitz (62) chez Léonce-Déprez.

Sommaire





édito

Les limites du possible

Sachant que l'évolution a modelé notre cerveau à travers les millénaires, on ne peut que s'interroger sur les évolutions futures. Jusqu'où pourra-t-on évoluer? La prospective dans ce domaine appartient en premier lieu aux auteurs de science-fiction. Mais pas seulement. Ainsi, certains scientifiques comme Mark Changizi, spécialiste des neurosciences évolutionnistes pense que nos facultés innées seront domestiquées par nos pratiques de demain et donc notre évolution culturelle (lire l'entretien p.26). De son côté, l'ancien journaliste scientifique Bernard Werber dans son roman diptyque Troisième Humanité (Le volumeII, *«Les micro-humains»* vient de paraître chez Albin Michel) propose que l'Homme manipule l'ADN pour produire un individu de taille réduite, avec des aptitudes cérébrales héritées du genre féminin… Une vision qui devrait réjouir nos lectrices! Toute la rédaction de votre magazine se joint à moi pour vous souhaiter d'excellentes fêtes de fin d'années. **GH**

Prochain numéro:
Le 10 janvier 2014

Nous avons rendez-vous un mois sur deux.

ACTUS

Préférences

À CHAQUE ÉTAPE DE LA VIE, SA MUSIQUE

Nos goûts musicaux sont très liés à notre personnalité, mais aussi à nos expériences. Ainsi, ils seraient voués à changer au gré des différentes étapes ou challenges qu'offre la vie. Ces étapes incluent notamment l'affirmation de notre identité à l'adolescence ou la recherche de l'amour en tant que jeune adulte. Il semblerait donc que les adolescents aient plutôt tendance à écouter de la musique dite "intense", telle que le métal ou le punk, avant de se tourner vers la pop ou le rap en grandissant. « Les années d'adolescence sont souvent marquées par un besoin d'établir son identité et la musique intense a cette connotation rebelle qui permet aux adolescents de revendiquer leur autonomie », estime Jason Rentfrow, co-auteur de l'étude. Si le premier challenge est de se trouver soi-même, les suivants correspondent plutôt à une envie d'être accepté par les autres ou faire partie d'un groupe. Ce n'est d'ailleurs pas un hasard si la musique est inévitable dans les principaux lieux de rencontres : discothèques, bars et autres soirées privées.

A. Bonneville-Roussy et coll., Journal of Personality and Social Psychology, octobre 2013.

JUPITERIMAGES / PAVEL KONOVALOV / GETTY IMAGES



Ocytocine

L'HORMONE DE L'AMOUR DÉVOILE SES SECRETS

On connaît ses effets physiologiques qui facilitent l'accouchement et l'allaitement. Son rôle dans la mise en place des liens mère-enfant et des sentiments amoureux lui a valu le surnom d'"hormone de l'amour". Or d'après une étude menée par des chercheurs de l'université allemande de Fribourg, elle serait également responsable de la manière dont nous nous acceptons les uns les autres. Lors de tests impliquant la visualisation de leur visage et ceux d'étrangers, les personnes qui avaient reçu de l'ocytocine ont réagi de manière plus tolérante et empathique. Selon les chercheurs, cet effet viendrait de l'accroissement de la différenciation entre soi et autrui.

Ce concept clé en psychanalyse serait donc en passe de trouver un appui biologique. Cette connaissance du système ocytocinergique préfigure des pistes très prometteuses pour améliorer la prise en charge de troubles du comportement comme l'autisme et la schizophrénie. Le prochain numéro de votre magazine reviendra largement sur les différentes fonctions de l'ocytocine.

V. Colonnello et coll., Psychoneuroendocrinology, octobre 2013.

ANNA JURKOVSKA / GETTY IMAGES

EMPATHIE

Des chercheurs de l'école de sociologie de New York ont testé l'influence des fictions sur notre capacité à comprendre les émotions et les croyances des autres. Après plusieurs jours de lecture, les participants font en effet preuve d'une plus grande empathie. Comment expliquer ce phénomène ? Les fictions seraient plus difficiles à lire et nécessiteraient un effort cognitif supplémentaire. Cette attention serait ensuite profitable à nos capacités émotionnelles. Les auteurs de l'étude proposent de mettre en pratique cette découverte en intégrant davantage de bibliothèques dans les centres pénitenciers.



Humour

TU COMPRENDRAS LE SARCASME QUAND TU SERAS GRAND

Pour un enfant, il est souvent difficile de comprendre le sarcasme. En principe ils commencent à reconnaître celui-ci vers l'âge de six ans. Mais certains enfants sont plus lents et il semblerait que cela soit lié à un manque d'empathie de leur part. D'après l'hypothèse des chercheurs, un enfant capable d'adopter la perspective de son interlocuteur devait être plus apte à reconnaître ses sarcasmes. Afin d'évaluer le lien entre empathie et compréhension de ce trait d'humour, ils ont présenté un spectacle de marionnettes à des enfants en leur demandant de désigner un jouet "requin" lorsqu'ils reconnaissaient un sarcasme ou de désigner un jouet "canard" dans le cas contraire. L'empathie avait été évaluée au préalable et les résultats sont significatifs : les enfants doués d'empathie étaient deux fois plus performants que les autres. D'après Penny Pexman, chercheuse en psychologie, cette étude place les psychologues « dans une meilleure position pour aider les enfants en difficulté face à ce défi de compréhension ».

A. Nicholson, J.M. Whalen et P.M. Pexman, Frontiers in Psychology, octobre 2013.

FASTOF/GETTY IMAGES

ÉMOTIONS

Qui n'a jamais côtoyé une personne qui ne peut s'empêcher de toujours voir les inconvénients d'une situation ? Une étude récente met en lumière l'influence de facteurs génétiques sur cette tendance. Une variante du gène nommé ADRA2B inciterait les individus à percevoir des événements de tous les jours avec des émotions négatives amplifiées. « Pour la première fois, cette étude montre que cette variation génétique peut affecter de manière significative la façon dont les gens perçoivent et vivent le monde », explique Rebecca Todd, de l'université de Colombie-Britannique.

INTELLIGENCE ANIMALE

« D'un point de vue cognitif, les éléphants sont bien plus proches de nous que nous ne le pensions », déclare Richard Byrne de l'université St Andrews (Royaume-Uni). En effet, les éléphants font partie des rares animaux capables de se reconnaître dans un miroir ; ils semblent également comprendre lorsqu'on pointe quelque chose du doigt. Si on leur indique un seau de nourriture placé à côté d'un seau vide, l'éléphant choisit le bon seau dans 68 % des cas. Par comparaison, un enfant d'un an réussit dans 73 % des cas.

Intelligence animale

ENFANTS ET BONOBOS, ÉGAUX DANS LEURS ÉMOTIONS

Pour le primatologue Frans de Waal, le caractère empathique du bonobo en fait « le candidat idéal pour faire des comparaisons portant sur la psychologie ». En observant les bonobos d'un sanctuaire congolais, il a découvert de fortes similarités entre le développement émotionnel des bonobos et celui de nos enfants. Le bonobo régule ses émotions, par exemple il sait tempérer les émotions fortes comme la colère. Chez l'enfant, la régulation des émotions est cruciale pour son développement social. Un lien parent-enfant stable semble essentiel à l'apprentissage de la maîtrise des émotions, c'est pourquoi les orphelins ont souvent des problèmes de comportement. Une configuration qui s'observe également chez le bonobo. Le braconnage laisse de nombreux petits livrés à eux-mêmes, et malgré les soins d'une mère adoptive, ces jeunes ont des difficultés à gérer l'excitation émotionnelle. « Ils peuvent être très contrariés et crier durant de longues minutes après une bagarre alors qu'un petit élevé par sa mère ne prendrait que quelques secondes pour se calmer », indique Zanna Clay, coauteure de l'étude.

Z. Clay et F.B.M. de Waal, PNAS, octobre 2013.

OOCOSKUN/FOTOLIA/ ERIC ISSELE/GETTY IMAGES

Hyperactivité

PRÉDIRE SON ÉVOLUTION PAR LES CHANGEMENTS CÉRÉBRAUX


BIOLOGICAL PSYCHIATRY

La moitié des enfants atteints du trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité (TDAH) continuent d'en souffrir à l'âge adulte. Pourquoi certains, au contraire, s'en remettent ?
La réponse pourrait bien se trouver dans le cerveau lui-même d'après Philip Shaw, du National Human Genome Research Institute (États-Unis).
De précédentes études avaient montré que la structure corticale du cerveau est plus fine chez un adulte atteint de TDAH. L'étude de Philip Shaw porte sur le lien entre évolution des symptômes et développement du cerveau (voir IRM). Ainsi, les adultes qui se remettent du TDAH voient leur structure corticale s'épaissir et retrouver un volume normal. À l'inverse, la structure corticale des individus dont le TDAH persiste reste fine. Pour Philip Shaw, la découverte est fondamentale : « comprendre comment les différences dans le développement du cerveau se forment est la première étape dans la création d'outils pour nous aider à prédire l'issue du TDAH de l'enfant ».
P. Shaw et coll., Biological Psychiatry, octobre 2013

Sport

LES SECRETS DE SES BIENFAITS SUR LE CERVEAU

Pourquoi le sport est-il bon pour le cerveau ? Une équipe de l'école de médecine de Harvard vient d'en identifier la raison : l'irisine, une molécule dérivée de la protéine FNDC5. Produite par le cerveau durant des efforts musculaires et des exercices d'endurance, elle contribue à préserver la structure et le fonctionnement des neurones. De plus, l'irisine active des gènes impliqués dans l'apprentissage et la mémoire. Outre une nouvelle bonne raison de se mettre au sport, cette étude apporte de belles perspectives médicales : améliorer les performances cognitives des personnes âgées et même offrir des traitements préventifs pour les maladies dégénératives telle qu'Alzheimer.
C.D. Wrann et coll., Cell Metabolism, octobre 2013.

AFRICA STUDIO/FOTOLIA

« *Cyberchondrie* » : **le trop-plein d'informations médicales sur internet** alimente la peur d'être malade.

Trisomie 21

VERS UNE AMÉLIORATION DES FONCTIONS COGNITIVES ?

ZFFOTO/GETTY IMAGES

Peut-on améliorer les capacités cognitives des personnes atteintes de trisomie 21 ? Une étude française menée par l'équipe de Benoit Delatour apporte un début de réponse. On constate chez les personnes atteintes du syndrome de Down (autre nom de la trisomie 21) un déséquilibre de la neurotransmission qui entraînerait un retard du développement cognitif. Des études précédentes s'étaient intéressées à des molécules bloquant l'activité du principal neurotransmetteur inhibiteur, le GABA. Mais ces substances n'ont pas pu être testées chez l'homme en raison de leur toxicité. Les tests ont donc porté sur une autre molécule, appelée α5IA, qui agit différemment : elle se lie aux récepteurs du GABA, mais produit un effet physiologique inverse de ce dernier. Des souris trisomiques ont vu leurs capacités améliorées dès la première injection, et sans aucun effet secondaire. Pour le chercheur, la molécule α5IA utilisée avec d'autres médicaments permettrait une amélioration considérable de l'apprentissage et de la mémoire des personnes trisomiques.
B. Delatour, 26e Congrès de l'ECNP, 7 octobre 2013.

FRESH IDEA / FOTOLIA

Parkinson

COMMENT RENFORCER LE DÉPISTAGE

Chaque année en France, 14 000 nouveaux cas de maladie de Parkinson sont diagnostiqués. On connait encore mal les causes de cette maladie neurodégénérative, la deuxième plus fréquente après la maladie d'Alzheimer, qui affecte principalement les mouvements et la motricité.
Une prédisposition génétique et l'exposition à des facteurs environnementaux, tel que les pesticides, sont impliquées, mais des pistes complémentaires sont explorées.

Ainsi, d'après les travaux d'une équipe taiwanaise, les personnes souffrant de dépression auraient jusqu'à trois fois plus de risques de développer la maladie de Parkinson. Pour Albert C. Yang, l'auteur de l'étude, il faut maintenant déterminer dans quelle mesure la dépression serait un facteur de risque indépendant ou un symptôme précoce de la maladie. Mais dans tous les cas, cette découverte pourrait permettre de cibler des populations à risque afin de pouvoir dépister et prendre en charge le plus précocement possible les personnes touchées. Ce dépistage est particulièrement important, car plus la prise en charge débute tôt, plus les dommages neurologiques peuvent être minimisés.

La piste épigénétique

Une autre découverte, issue des recherches d'une équipe de l'université de Californie à San Diego, devrait certainement aider à mieux diagnostiquer cette maladie. Les chercheurs se sont intéressés aux modifications épigénétiques, qui altèrent l'expression des gènes sans en changer la séquence. En clair, comment les facteurs environnementaux influencent la façon dont les gènes vont s'exprimer. Ce sont ces modifications qui expliquent pourquoi deux individus dont le patrimoine génétique est identique (par exemple des jumeaux homozygotes) sont finalement différents. Il ne s'agit pas de mutations de l'ADN, mais d'ajout sur celui-ci de groupements chimiques, ici des groupes méthyles. Cette méthylation est spécifique à chaque individu et se produit en réaction à son environnement. Lorsqu'elles touchent les gènes impliqués dans la maladie de Parkinson, ces modifications épigénétiques augmentent la probabilité de voir celle-ci se déclarer. Mais comment surveiller ces changements ? Pas besoin d'aller prélever des cellules dans le cerveau : une simple prise de sang suffirait, ce qui simplifierait grandement l'établissement, pour le moment difficile, d'un diagnostic fiable.

C.-C. Shen et coll., Neurology, octobre 2013 ; E. Masliah et coll., Epigenetics, octobre 2013.

Seniors

COMMENT L'ÂGE AFFECTE NOS DÉCISIONS

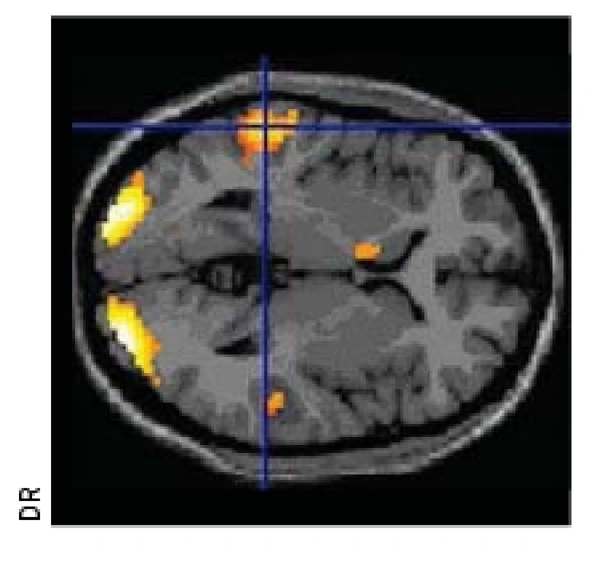
Préférez-vous une loterie qui vous donne de grandes chances de gagner un peu d'argent, ou très peu de chances de gagner une forte somme? Selon Ifat Levy, de l'université Yale, la réponse que vous donnerez dépendra en partie de votre âge. Plus celui d'une personne augmente, plus elle aura tendance à préférer des gains modérés, mais très probables. Par contre, elle prendra plus de risques quand il s'agira de choisir entre des pertes possibles. Selon une autre étude, menée par des chercheurs de l'université Columbia qui ont confronté les participants aux mêmes données et aux mêmes problèmes, les 60-82 ans prennent leurs décisions plus lentement, mais font au moins aussi bien que les 18-29 ans en termes de résultats. L'intelligence "cristallisée", qui fait appel à nos expériences, compenserait la baisse de l'intelligence "fluide", qui se sert d'informations nouvelles pour résoudre des problèmes inédits. Alors que les études sur la manière dont les capacités cognitives déclinent avec l'âge se multiplient, peu se sont intéressées à la manière dont ce déclin affecte les prises de décisions. Nous sommes pourtant actifs plus longtemps et les décisions économiques, personnelles ou professionnelles, sont capitales.

A. Tymula et coll., PNAS, septembre 2013; Y. Li et coll., Psychology and Aging, septembre 2013.

CONTRASTWERKSTATT / FOTOLIA

Poésie

LE CERVEAU PERÇOIT LA POÉSIE COMME DE LA MUSIQUE



DR

La poésie résonne comme une musique pour le cerveau! Adam Zeman, neurologue de l'université d'Exeter, en Angleterre, a étudié des images obtenues grâce à la technique d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle. L'idée était de comparer les images du cerveau d'une personne en train de lire un manuel d'installation, un roman ou encore sa poésie favorite. Un ensemble de zones activées pendant l'exercice a été établi comme le réseau de lecture.
Mais concernant la poésie, ce n'est pas tout! Lire un poème qui nous touche particulièrement active certaines zones normalement excitées par l'écoute d'une musique. Ces aires, principalement situées du côté droit du cerveau, sont connues pour provoquer des frissons lorsque l'on est ému par une chanson. De plus, la poésie, contrairement à d'autres lectures, semble activer des aires liées à l'introspection et d'autres reliées à la mémoire, comme si lire ces passages faisait remonter des souvenirs.

A. Zeman et coll., Journal of Consciousness Studies, octobre 2013.

Un nouveau-né touché par une infection
pourrait développer des troubles du comportement en grandissant.

Langage

DANS LES ROUAGES DE L'APPRENTISSAGE DE LA PAROLE

On sait que les enfants comprennent le sens de ce qu'ils entendent bien avant de savoir parler. Deux études viennent de révéler que les informations nécessaires à cette compréhension diffèrent selon la langue maternelle.

En comparant la manière dont des enfants anglais et coréens apprennent de nouveaux mots, des chercheurs ont mis en évidence l'importance de la structure grammaticale de la langue, selon qu'elle se base plutôt sur les noms (comme en anglais) ou les verbes (comme en japonais, hindi ou coréen). Dans ce dernier cas, les groupes nominaux sont souvent éludés lors des conversations courantes. Aucune différence n'a été observée durant l'apprentissage de nouveaux noms, mais les enfants coréens ont plus de facilités à apprendre de nouveaux verbes si ceux-ci sont utilisés seuls, sans être entourés de noms. Plus encore, si les noms sont présents, les enfants retiennent moins rapidement le sens des nouveaux verbes. Les enfants anglophones apprennent quant à eux plus facilement de nouveaux verbes s'ils sont complétés par des noms. En effet, les petits Anglais seraient incités à se concentrer sur les objets, représentés par des noms. De leur côté, les jeunes Coréens attribuent un statut privilégié aux verbes, car lors d'échanges oraux avec leurs parents, leur attention est attirée sur les actions. Une autre équipe s'est intéressée aux adultes. Confrontés à différentes langues étrangères qu'ils ne comprennent pas, des adultes parlant français, italien et japonais montrent une préférence pour les langues partageant la même structure que la langue maternelle. Ce résultat, déjà mis en évidence dans une moindre mesure chez des bébés de 8 mois, est encore plus marqué chez les adultes et permettrait d'expliquer pourquoi la difficulté d'apprendre une nouvelle langue augmente avec l'âge et avec le degré de différence d'avec sa langue maternelle. Ainsi, la structure de la langue que nous avons entendue sans même la comprendre étant petit, influence durablement la manière dont nous apprenons des langages.

J. Gervain et coll., Frontiers in Psychology, septembre 2013 ; S. Arunachalam et coll., Language Acquisition, septembre 2013.



CALCUL MENTAL

Des chercheurs de l'université Stanford ont découvert qu'une même région du cerveau s'active lorsqu'une personne fait un calcul mental et parle de chiffres ou de quantités dans une banale conversation. Ainsi, en analysant l'activité cérébrale d'une personne, l'équipe pense pouvoir un jour déterminer à quoi elle pense. Une belle perspective pour les personnes devenues muettes suite à un accident vasculaire cérébral. Néanmoins, les travaux n'en sont qu'à leurs balbutiements.

STRESS

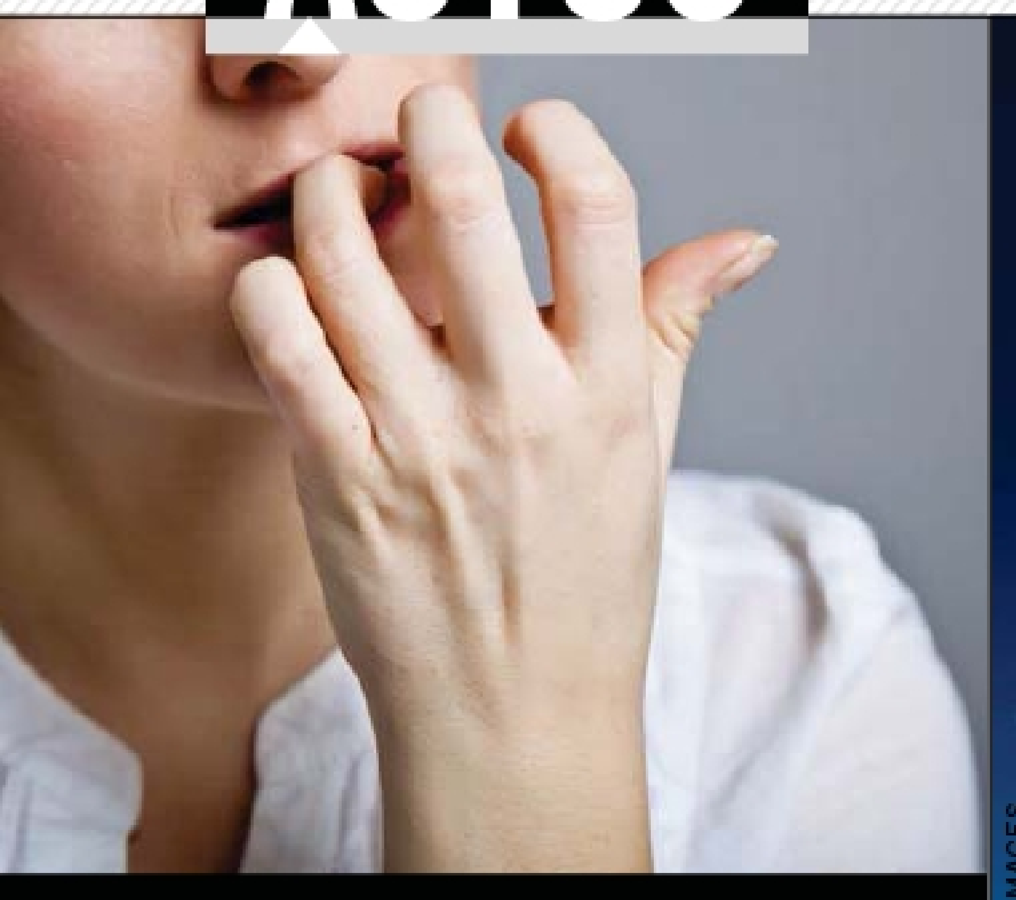
Le stress associé à des événements dramatiques tels que divorce, veuvage, maladie longue ou décès d'un enfant augmenterait le risque d'apparition de la maladie d'Alzheimer. C'est ce que révèle une étude suédoise. Quel que soit le moment de la vie à laquelle un drame survient, il pourrait avoir des conséquences à long terme. Les auteurs insistent donc sur l'importance des thérapies comportementales et de la gestion du stress lors de ces périodes.

PERSUASION

Comment persuader votre interlocuteur ? On conseille souvent d'établir avec lui des contacts visuels, mais cette méthode ne serait pas toujours aussi efficace, spécialement lorsque les avis divergent. En effet, si vous essayez de convaincre une personne farouchement opposée à vos idées, le fait de la regarder droit dans les yeux pourrait être associé à des situations d'intimidation voire d'agression. Ce qui provoquerait un effet inverse à celui recherché.

AMOUR

C'est une coutume qui semble universelle, mais à quoi peuvent bien servir les baisers ? Une étude menée par des chercheurs de l'université Oxford suggère qu'embrasser permettrait notamment d'évaluer le potentiel de nos prétendants ! Après avoir ressenti une attraction initiale, basée sur des critères physiques et sociaux, nous cherchons inconsciemment à évaluer la compatibilité, la bonne santé et les aptitudes génétiques de nos partenaires.



MATHOMPL / GETTY IMAGES

Anxiété

ÊTRE ANXIEUX REND MOINS VOLONTAIRE

« Les comportements prosociaux sont considérés comme un marqueur de bien-être et de bonne santé », d'après Gustavo Carlo, professeur en diversité. Mais qu'en est-il lorsque l'on souffre d'anxiété sociale?
En fait anxiété et comportements prosociaux (par exemple, souci de l'autre, réconfort) seraient associés à un même gène. Ainsi un individu prédisposé génétiquement à l'anxiété sociale serait moins apte à avoir des comportements d'aide envers autrui. En cause : la sérotonine, un neurotransmetteur qui joue un rôle essentiel dans la régulation des émotions. Scott Stoltenberg, professeur de l'université de Nebraska-Lincoln, explique : « Les différences individuelles dans le niveau d'anxiété sociale sont influencées par le gène codant la sérotonine. Ces différences contribuent à expliquer pourquoi certaines personnes ont moins tendance à avoir des comportements prosociaux. Des études comme celles-ci montrent que des facteurs biologiques ont des influences cruciales sur le comportement ».
F.S. Stoltenberg, C.C. Christ et G. Carlo, Social Neuroscience, septembre 2013.

ELENA SCHWEITZER/GETTY IMAGES

Mémoire

SUPPRIMER LES SOUVENIRS PÉNIBLES PENDANT LE SOMMEIL

Réduire ou faire disparaître les effets des souvenirs traumatisants serait à notre portée. En s'inspirant des dernières recherches indiquant que le sommeil est important pour la consolidation de la mémoire, mais aussi des thérapies d'exposition, l'équipe de Katherina Hauner, de l'université de médecine de Chicago, a développé un ingénieux protocole. Leur objectif? Démontrer qu'il est possible de cibler des souvenirs désagréables lors du sommeil et d'ôter leur caractère négatif. Tout d'abord, ils ont conditionné des individus à ressentir de la peur suite au reniflement d'une odeur en leur envoyant un choc électrique. Pendant leur sommeil, ils les ont soumis de manière répétée à l'odeur en question, mais sans les accompagner de choc électrique. En phase d'éveil, ce sentiment de peur lié à l'odeur avait diminué. Un résultat qui ne se retrouve pas en dehors des phases de sommeil : lorsque les chercheurs ont tenté de reproduire l'expérience chez des personnes éveillées, ou occupées à regarder un documentaire, ils n'ont pas réussi à atténuer la peur ressentie.
K. K. Hauner et coll., Nature Neuroscience, septembre 2013.

Alcool

L'ART ET LA MANIÈRE DE BOIRE EN SOIRÉE

Le niveau de consommation de boissons alcoolisées dépend en partie de notre volonté. Cependant, le volume ingéré dépendrait également de la nature du contenant utilisé ainsi que de la manière dont on verserait le liquide. Des chercheurs de l'université Cornell ont étudié différents paramètres influençant la quantité de liquide servie. Lors de leurs différents essais, les participants ont versé environ 12 % d'alcool supplémentaire dans un verre large qu'un verre étroit, type flûte de champagne. La couleur du verre est également une donnée à prendre en compte.
Par exemple, lorsque vous versez du vin blanc dans un verre transparent, l'augmentation moyenne est de 10 % par rapport à du vin rouge. Enfin, mieux vaut ne pas tenir son verre en permanence à la main : il aurait tendance à être davantage rempli que son homologue posé sur une table basse… Lors des soirées, le simple fait d'appliquer ces conclusions suffirait à diminuer d'environ 30 % la quantité d'alcool consommée.
D. Walker, L. Smarandescu et B. Wansink, Substance Use and Misuse, septembre 2013.



WEBPHOTOGRAPHEER/GETTY IMAGES

Festival Parisciences 2013

RETOUR SUR TROIS FILMS EN COMPÉTITION

DR



« Le cerveau d'Hugo », de Sophie Révil - Prix du public

Émouvant et captivant, ce docu-fiction nous présente le syndrome d'Asperger, une forme d'autisme de haut niveau, à travers le personnage d'Hugo. La connexion difficile avec le monde réel, la douleur d'être différent, le désir d'être aimé ou encore le génie dans la pratique du piano sont des thèmes majeurs qui nous aident à mieux appréhender la complexité de ce trouble. La force du documentaire se trouve dans la diversité et l'authenticité des témoignages des jeunes autistes Asperger, ainsi que celui de Joseph Shovanec, "porte-parole" des autistes en France. On se laissera surprendre par les expressions de "cécité sociale", évoquant leurs difficultés à communiquer avec les autres, ou encore de leur "fonctionnement obsessionnel" à travers la pratique intensive d'un instrument de musique par exemple. « Le cerveau d'Hugo » s'appuie sur des informations scientifiques pertinentes sous forme d'illustrations ou d'images d'archives. Les explications de concepts tels que la régulation des émotions, la plasticité cérébrale, ou encore les neurones miroirs nous permettent de faire le lien entre le comportement des autistes et leur physiologie cérébrale.

« DNA dreams », de Bregtje Van der Haak - Prix Etudiant

Que se passerait-il si nous pouvions identifier l'ensemble des gènes impliqués dans l'intelligence humaine? Une "race" supérieure d'individus verrait-elle le jour? Ce documentaire suit les travaux des scientifiques de l'institut de génomique de Pékin (Beijing Genomic Institute), qui étudient 2000 génomes d'enfants et observent la transmission de gènes de l'intelligence sur des lignées de porcs. À défaut de fournir des réponses aux questions éthiques que ces pratiques génèrent, ce documentaire invite à une réflexion sur les (fausses?) promesses ouvertes par le séquençage du génome humain.

« Coma et conscience, la fin de l'antagonisme? », de Tilman Jens et Davina Weitowitz

Une phrase prononcée par Steven Laureys, directeur du Coma Science Group du CHU de Liège, résume la réflexion qui a nourri ce film: « quel est le mystère faisant qu'à partir d'un milliard de neurones nous assistons à l'émergence de la conscience? ».
Ce documentaire s'articule autour de deux personnages: une jeune femme victime du syndrome d'enfermement depuis 2004 suite à un accident de voiture, et une femme dans le coma, en cours d'examen neurologique dans le service de Steven Laureys. Les explications scientifiques de ce dernier éclairent les aspects techniques et éthiques de la mesure du degré de conscience chez les comateux ou post-comateux. On peut regretter que la dimension émotionnelle prenne autant de place, au détriment d'hypothèses scientifiques sur ce fameux antagonisme "coma-conscience".



GIVEN LINES
SPATIALLY PARALLEL
PERPENDICULARITY
TYPICAL CONE ELEMENT
90 00
GIVEN TWO SKEW LINES IN GENERAL POSITIONS
DETERMINE SUCH THAT THE GIVEN LINES

EV OF RIGHT SECTION ELLIPSE
EV OF CIRCULAR SECTION
TL
RMATION VIEW ONLY
TION CONE (ELLIPTICAL
ULAR SECTION
0000°
APPEAR PERPENDICULAR

L'ODYSSÉE DU CERVEAU

DOSSIER RÉALISÉ PAR CLÉMENCE GUEIDAN ET GILLES MARCHAND

Ce dossier exceptionnel vous invite à découvrir les coulisses du cerveau et de son développement. L'odyssée scientifique débute avec la formation des structures cérébrales dès la vie intra-utérine, marquée par un véritable big-bang neuronal. Une histoire qui se poursuit avec les 200 000 ans d'évolution du cerveau, de Cro-Magnon à l'Homme du XXIe siècle. Et s'achève – temporairement – sur une page qui reste à écrire, pour découvrir si les évolutions culturelles d'aujourd'hui transformeront le cerveau de demain. Des premiers neurones au cerveau 2.0, bienvenue dans les arcanes de la mécanique cérébrale.



MOPIC/GETTY IMAGE/FOTOLIA

Durant la grossesse, les différents organes du bébé se mettent progressivement en place. Un véritable big-bang cérébral se produit en quelques semaines, et au sixième mois, 90 milliards de neurones sont déjà en place ! Une mécanique incroyablement précise et complexe est à l'œuvre, sous l'effet de gènes, d'hormones et de protéines.

NAISSANCE D'UN CERVEAU



BERNARD SABLONNIÈRE est professeur à la faculté de médecine de Lille et chercheur au centre de recherche Inserm JPARC, France.



GÉRARD KARSENTY est professeur au département de génétique et développement du centre médical de l'université Columbia, États-Unis.



ROGER POCOCK est directeur de recherche au Biotech Research & Innovation Centre de l'université de Copenhague, Danemark.

À peine la grosseur d'un grain de riz. C'est la taille du fœtus humain au 26e jour après la fécondation, lorsque la grande symphonie biologique qui orchestre le développement cérébral fait retentir les premières mesures. Le tissu neural primitif, appelé plaque neurale, va se replier pour former le tube neural, composé de cellules-souches qui sont à l'origine de processus en cascade : ces cellules vont donner naissance à des précurseurs, qui eux-mêmes vont se diviser pour devenir des neuroblastes et des glioblastes. Ceux-ci, lorsqu'ils arrivent à maturité, deviennent des neurones – les cellules fondamentales du système nerveux – et les cellules gliales – dont le rôle est de soutenir et de nourrir les neurones.

TROIS GÈNES AU COEUR DU DÉVELOPPEMENT. Présenté ainsi en quelques lignes, le processus semble très simple. Il s'appuie pourtant sur de multiples mécanismes biologiques, à commencer par plusieurs gènes essentiels au développement du cerveau au cours de la vie intra-utérine. « Certains sont notamment chargés de la transformation des neuroblastes en neurones fonctionnels », précise Bernard Sablonnière, professeur de biochimie à la faculté de médecine de Lille. Parmi les gènes indispensables, *Sonic hedgehog* contrôle la migration des neuroblastes, tandis que *Notch-1* favorise la division cellulaire. « Un autre gène, *NUMB*, régule la production ►

LES TROIS PHASES DU DÉVELOPPEMENT CÉRÉBRAL

LE BIG-BANG

De la 4e semaine de grossesse à la naissance

C'est durant cette période que le cerveau se met en place. À partir du 28e jour, les premiers neurones sont formés. Le big-bang cérébral, ne fait que commencer : « 260 millions de neurones sont forgés chaque jour. Jusqu'au septième mois de grossesse, ce sont donc 90 milliards de neurones qui vont apparaître dans le cerveau. » Soit autant que le nombre d'étoiles dans la Voie lactée…

Lors de cette explosion du nombre de neurones, les premières connexions apparaissent grâce aux dendrites, formant les prémices d'un réseau en trois dimensions. « Entre la 7e semaine de grossesse et la troisième année de vie, on enregistre plus d'un million de nouvelles connexions par seconde », précise le chercheur. Pour atteindre une vitesse maximale entre un et trois ans, lors des interactions avec l'environnement et des premiers apprentissages.

À partir du 5e mois de grossesse, l'augmentation du volume dépend surtout de la formation d'une gaine isolante autour des axones – les fibres nerveuses qui relient les neurones. Cette gaine, composée de myéline, permet d'accélérer la vitesse de transmission, qui passe « d'un mètre par seconde à 100 mètres par seconde ».

LA MISE EN CONNEXION

De la naissance à l'âge de douze ans

Dès le 7e mois de vie intra-utérine, certaines connexions se renforcent tandis que d'autres disparaissent. Du fait d'une surabondance, certaines sont inutiles et le cerveau s'en débarrasse. Sous l'effet de la plasticité cérébrale, des neurones et des connexions se forment tandis que d'autres sont détruits. « Dès le 4e mois qui suit la naissance, environ 30 milliards de neurones vont disparaître », précise Bernard Sablonnière. Le chercheur cite l'exemple du réflexe de marche chez le nourrisson, qui disparaît avant de réapparaître. C'est aussi cet élagage, ainsi que l'apparition très progressive de la gaine de myéline dans les aires cérébrales de la mémoire, qui explique la quasi-absence de souvenirs avant l'âge de trois ans.

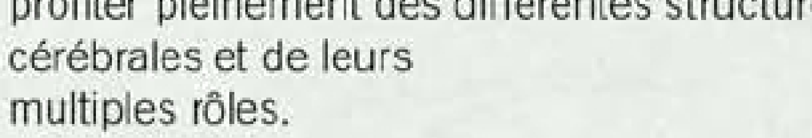
Au cours des premières années, et même jusqu'à 25 ans, le cerveau connaît des phases de formation et d'élagage de connexions entre les neurones – à un rythme différent selon les parties du cerveau.

LE REMODELAGE

Des débuts de l'adolescence à l'âge adulte

Jusqu'à l'âge de 25 ans, le cerveau va poursuivre son développement, marqué d'abord par une importante phase d'élagage des connexions. Entre 12 et 18 ans, il perd ainsi une trentaine de grammes. La maturation cérébrale, progressive, varie en fonction des régions concernées. Des neurones disparaissent dans le cortex temporal (impliqué dans l'audition, la mémoire ou encore le langage), le striatum (qui gère notamment les mouvements volontaires) et le cortex préfrontal (siège des fonctions cognitives supérieures, comme le raisonnement et la mémoire de travail), tandis que de nouvelles connexions se forment, notamment entre le cerveau limbique (siège des émotions) et le cortex préfrontal, ou encore entre le striatum et le cortex préfrontal.

« Le lobe frontal évolue et se transforme jusqu'à l'âge de 25 ans », explique Bernard Sablonnière. C'est en partie ce qui explique l'impulsivité et l'instabilité émotionnelle des adolescents. Les neurones sérotoninergiques, qui permettent de calmer le jeu, ne sont pas encore assez matures. » Un remodelage progressif du cerveau, qui permettra ensuite à l'adulte de profiter pleinement des différentes structures cérébrales et de leurs multiples rôles.



de cellules-souches neuronales, pour que le nombre final de neurones soit suffisant dans les six couches successives du néocortex », complète le chercheur.

Ces derniers mois, de nombreuses études ont permis d'éclairer ce qui se passe en coulisses – à savoir les mécanismes "invisibles" qui entrent en jeu dans la formation de neurones ou leur migration dans les différentes zones du cerveau. On sait par exemple de longue date qu'un petit groupe de protéines appelées *Notch*, du nom du gène qui assure leur production, joue un rôle essentiel dans la transformation des cellules-souches en cellules spécialisées, dont celles que l'on retrouve dans le cerveau. Mais les rouages impliqués dans cette différenciation cellulaire restaient jusqu'à présent inconnus. Des chercheurs de l'université John Hopkins viennent de découvrir la fonction d'une protéine jusqu'alors inconnue, qu'ils ont dénommée *Botch* : c'est en interagissant avec *Notch* qu'elle assure la transformation de cellules-souches en cellules neurales.

UNE HORMONE VENUE DES TISSUS OSSEUX. Une autre découverte, plus surprenante, a été réalisée par des chercheurs du centre médical de l'université Columbia : l'ostéocalcine, une hormone des tissus osseux, joue un rôle de premier plan dans le développement cérébral prénatal. C'est en étudiant les interactions entre le cerveau et les structures osseuses que l'équipe de Gerard Karsenty a identifié plusieurs fonctions étonnantes de l'ostéocalcine : elle favorise la formation de neurones et augmente la production de plusieurs neurotransmetteurs-clés, dont la sérotonine et la dopamine ! « Nous ne nous attendions pas du tout à de tels résultats, précise Gerard Karsenty. L'objectif, aujourd'hui, est de découvrir si l'impact de l'ostéocalcine se prolonge tout au long du développement cérébral. »

Une fois formées, les cellules qui composent le cerveau doivent ensuite se positionner au bon endroit. La mécanique en jeu dans ce processus, appelé migration, bénéficie d'un nouvel éclairage grâce aux derniers travaux de chercheurs de l'université de Copenhague. Ils ont découvert, chez le ver, qu'une molécule dénommée *mir-79* assure un rôle d'aiguilleur : elle fournit d'autres molécules en sucres, qui agissent comme des transmetteurs indiquant aux cellules nerveuses leur localisation dans le cerveau. Une découverte fortuite, comme l'explique Roger Pocock : « Notre objectif était de savoir comment la régulation de la concentration en sucres est maintenue dans le cerveau pour permettre le développement neuronal. C'est à cette occasion que vous avons découvert que *mir-79* régule ce processus. » Cette molécule ayant un équivalent chez l'homme, appelée mir-9, le chercheur suppose qu'elle agit de la même façon dans le développement du cerveau humain. Et comme Gerard Karsenty, il souhaite approfondir ses travaux pour vérifier si le rôle de mir-9 se poursuit au-delà de la vie foetale.

> « Le lobe frontal évolue et se transforme jusqu'à l'âge de 25 ans »

LES MÉCANISMES EN JEU DANS LA MIGRATION NEURONALE. D'autres équipes de recherche apportent également leur pierre à l'édifice, comme ces scientifiques du Scripps Research Institute qui viennent de révéler un mécanisme moléculaire impliqué dans la migration de neurones dans les six couches du néocortex, ou encore ces chercheurs de l'université de Louvain, en Belgique, qui ont identifié deux protéines en jeu dans le développement et la migration des interneurones – qui, comme leur nom l'indique, sont situés entre deux autres neurones et transmettent les informations.

Ces quelques exemples de découvertes récentes illustrent l'incroyable sophistication des mécanismes en jeu. Une machinerie biologique aussi précise que complexe, et qui se prolonge bien après la naissance, jusqu'à l'âge de 25 ans environ (voir l'encadré). Mais celle-ci est loin d'avoir révélé tous ses secrets. Pour Bernard Sablonnière, l'un des principaux défis concerne le rôle de certaines hormones, comme l'adrénaline et la sérotonine, dans l'activation de certaines connexions cérébrales.

Parviendra-t-on un jour à identifier tous les rouages et la manière dont ils s'emboîtent et se coordonnent ? « Le cerveau est un organe extraordinairement complexe, qui contient environ 86 milliards de neurones, prévient Roger Pocock. Les chercheurs étudient les molécules impliquées dans le développement cérébral depuis plus de cinquante ans, et ont déjà identifié de nombreux mécanismes. Pourtant, nos récents travaux et ceux d'autres scientifiques révèlent une complexité supplémentaire, relative aux mécanismes génétiques de régulation. Il existe encore de nombreuses questions sans réponse sur la façon dont le cerveau se développe et fonctionne. » L'aventure se poursuit ! ● **GM**

RÉFÉRENCES

■ **B. Sablonnière**, *Le Cerveau. Les clés de son développement et de sa longévité,* **Editions Jean-Claude Gawsewitch, 2013.**

■ **Z. Chi et coll.**, *Botch promotes neurogenesis by antagonizing Notch,* **Developmental Cell, avril 2012.**

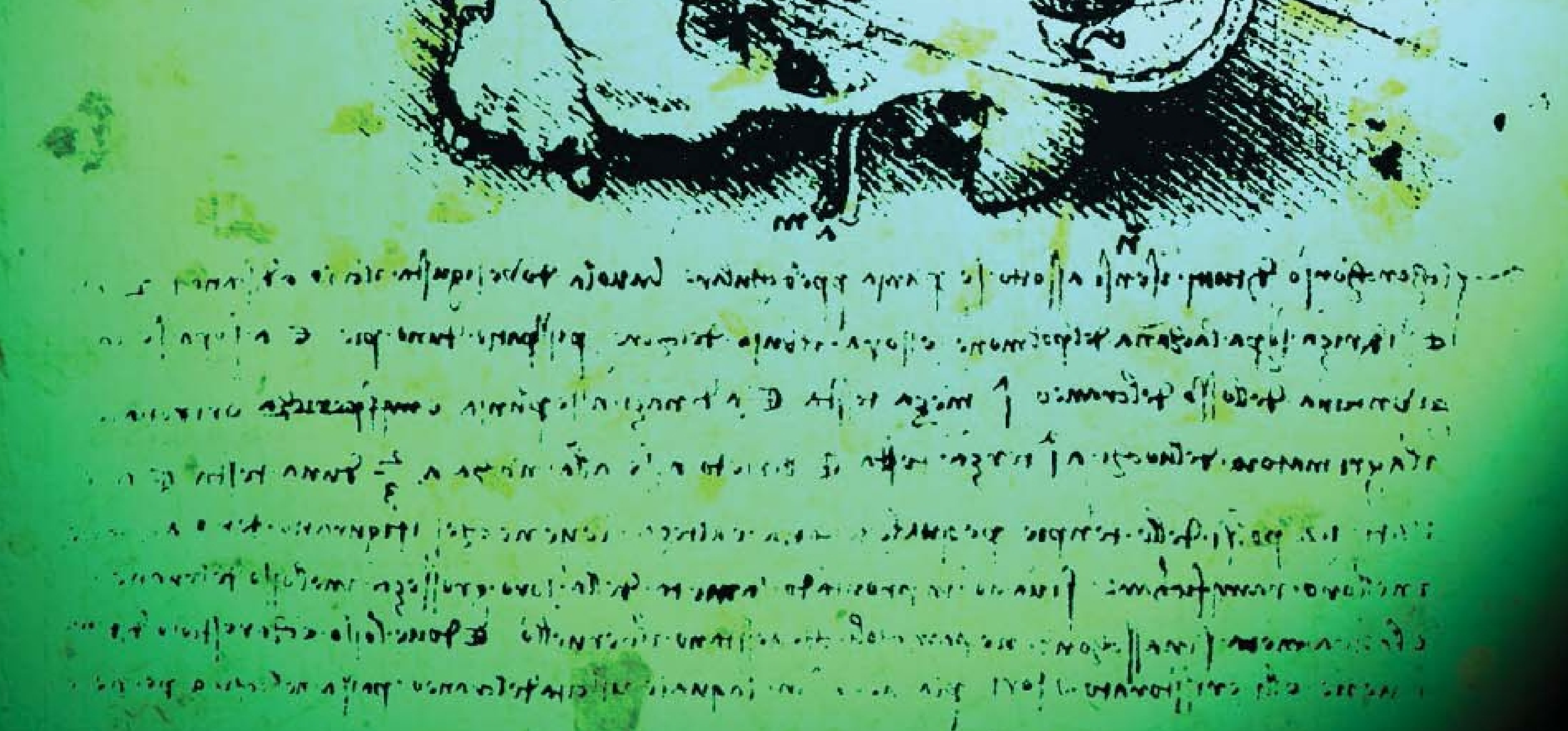
■ **F. Oury et coll.**, *Maternal and offspring pools of osteocalcin influence brain development and functions,* **Cell, septembre 2013.**

■ **M.E. Pedersenet coll.**, *An epidermal microRNA regulates neuronal migration through control of the cellular glycosylation state,* **Science, septembre 2013.**

■ **C. Gil-Sanz et coll.**, *Cajal-Retzius cells instruct neuronal migration by coincidence signaling between secreted and contact-dependent guidance cues,* **Neuron, août 2013.**

■ **V. van deb Berghe et coll.**, *Directed migration of cortical interneurons depends on the cell-autonomous action of Sip1,* **Neuron, janvier 2013.**





JANAKA DHARMASENA/FOTOLIA



LE CERVEAU HUMAIN, de la préhistoire à nos jours

Depuis la préhistoire, le monde dans lequel nous vivons a bien changé… et nous aussi ! Pourtant, les premiers Hommes modernes ne sont pas si différents de nous. Qu'en est-il sur le plan cérébral ? À quoi ressemblait le cerveau de nos ancêtres préhistoriques ? Et comment a-t-il évolué jusqu'à aujourd'hui ? Retour sur 200 000 ans d'évolution dans nos boîtes crâniennes.



CNRS/FREDERIQUE PLAS

ANTOINE BALZEAU est paléoanthropologue, chercheur au CNRS et au Muséum national d'Histoire naturelle, France.

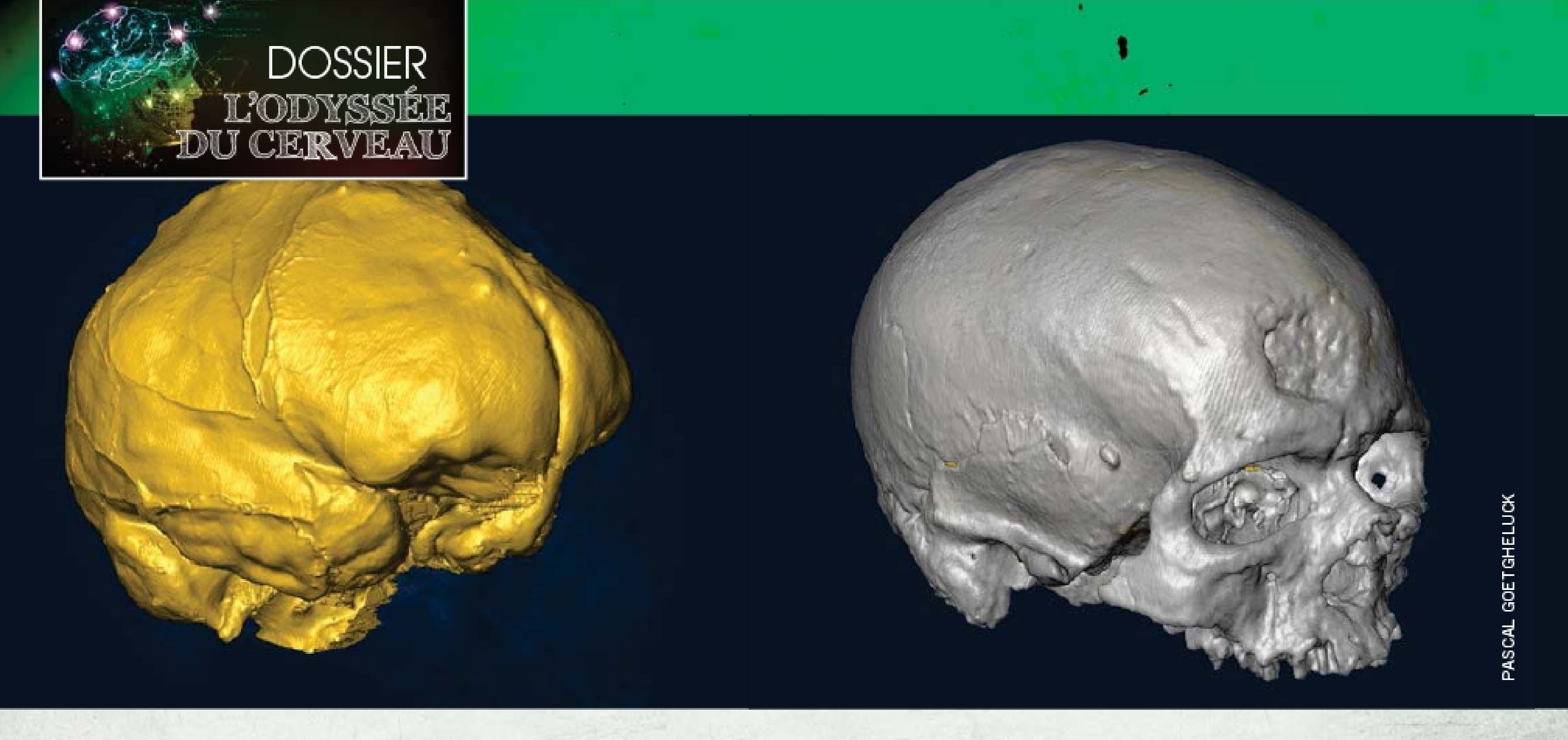


JOHN HAWKS est professeur d'anthropologie à l'université du Wisconsin, États-Unis.

L'espèce humaine à laquelle nous appartenons est apparue en Afrique, il y a environ 200 000 ans. Cette espèce, c'est celle de l'Homo sapiens, ou encore "Homme Moderne". Bien évidemment, plusieurs ancêtres et cousins plus ou moins éloignés l'ont précédé, voire ont cohabité avec lui, mais aujourd'hui il est le dernier représentant du genre Homo. À partir des premiers sites africains, Homo sapiens va coloniser peu à peu les autres continents. En quelques dizaines de milliers d'années, il explore la Terre et atteint la majorité des territoires de notre planète. On retrouve sa trace en Europe il y a environ 40 000 ans.

L'un des spécimens les plus connus est le fameux Homme de Cro-Magnon dont les ossements ont été découverts en 1868 en Dordogne. Il s'agit de l'un des plus anciens Homo sapiens européens connus à ce jour. Les chercheurs estiment qu'il vivait il y a près de 30 000 ans. De grande taille – entre 1,70 et 2 mètres –, l'Homme de Cro-Magnon présentait une apparence assez proche de l'homme d'aujourd'hui.

LE CRÂNE DE CRO-MAGNON AU SCANNER. Possédait-il pour autant un cerveau similaire au nôtre ? C'est à cette question qu'a voulu répondre ▶


PASCAL GOETGHELUCK

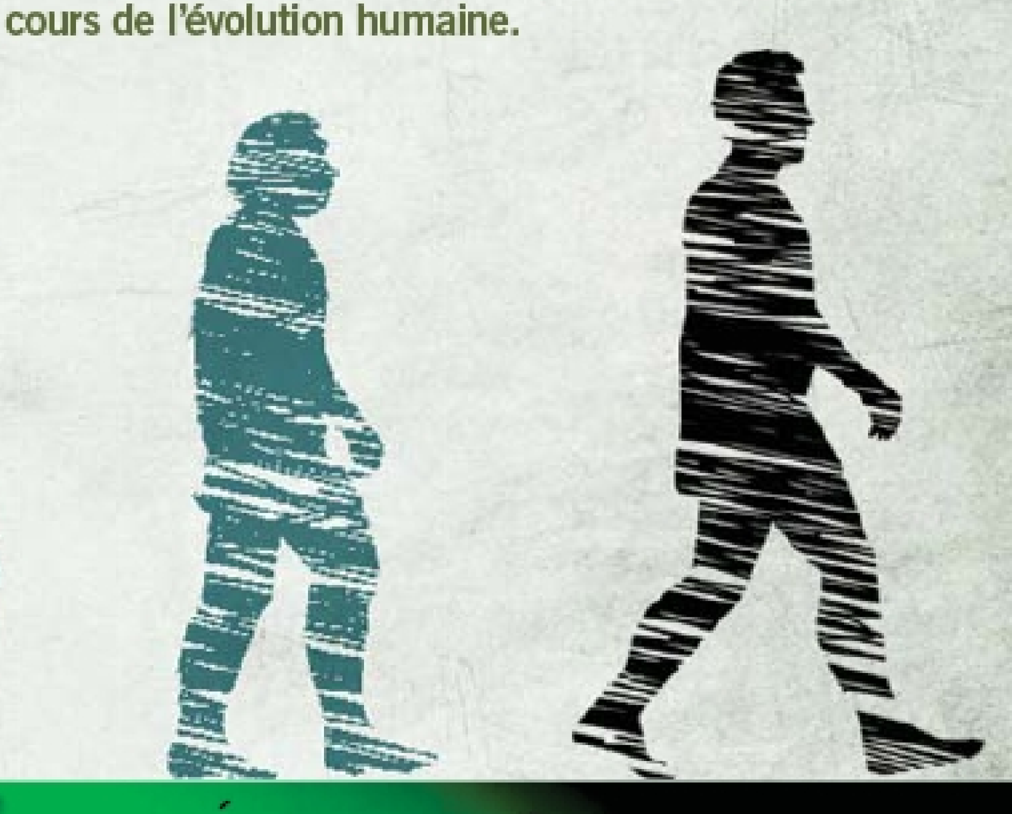
ÉTUDIER LE CERVEAU PRÉHISTORIQUE

Imagerie par résonance magnétique, scanner, électro-encéphalogramme… Pour étudier le cerveau de nos contemporains, nous disposons de nombreuses techniques d'imagerie cérébrale. L'étude du cerveau de nos ancêtres est bien plus compliquée! En effet, impossible pour les paléoneurologues et paléoanthropologues de l'observer directement. Tous les tissus mous (peau, muscles, organes, etc.) des hommes préhistoriques ont disparu depuis longtemps et seuls leurs ossements ont traversé les âges. Comment faire alors pour en savoir plus sur leur fonctionnement cérébral?

> L'ÉTUDE DES CRÂNES FOSSILISÉS. S'il est impossible d'observer des cerveaux âgés de plusieurs centaines de milliers d'années, on peut en revanche étudier les crânes fossilisés datant de cette époque. En grandissant, le cerveau fait pression sur la boîte crânienne et laisse des empreintes fournissant des détails intéressants comme la taille de l'encéphale, sa forme, les asymétries entre les deux hémisphères, la position de petites veines et les limites des différents lobes cérébraux. Il s'agit toutefois d'informations de surface qui ne nous renseignent pas sur l'intérieur du cerveau. Par ailleurs, l'interprétation de ces observations est limitée, car, à mesure que l'imagerie cérébrale progresse, on se rend compte qu'il est très difficile de relier une zone anatomique du cerveau à une fonction spécifique.

> LA COMPARAISON AVEC D'AUTRES ESPÈCES. Les neurosciences comparatives apportent également un certain nombre de données. Cette discipline se base sur la comparaison avec des animaux vivants, et tout particulièrement ceux qui sont le plus proches de nous comme les chimpanzés et les bonobos. Les neuroscientifiques peuvent ainsi étudier les différences dans les structures cérébrales liées à des variations dans les comportements, et les comparer entre différentes espèces. Les informations obtenues sont toutefois indirectes, car les espèces vivantes existantes, utilisées comme point de comparaison avec les humains, ne sont pas nos ancêtres. Nous partageons bien un ancêtre commun avec les grands singes, qui vivait il y a 5-7 millions d'années, mais les primates de l'époque ont par la suite suivi leur propre évolution.

> LA COMPRÉHENSION DU CODE GÉNÉTIQUE. La troisième voie de recherche est prometteuse. C'est sans doute celle qui nous apportera le plus d'informations nouvelles. Elle porte sur notre code génétique et la manière dont il a évolué. Mieux comprendre quels sont les gènes impliqués dans le développement de notre système nerveux devrait nous fournir des indices importants sur comment et quand certains changements cérébraux sont intervenus au cours de l'évolution humaine.





Antoine Balzeau (CNRS) et sa collègue Dominique Grimaud-Hervé (Muséum national d'Histoire naturelle) ont numérisé le crâne fossilisé de Cro-Magnon. Grâce à ces données, les deux paléoanthropologues ont pu ensuite reconstituer l'endocrâne de notre ancêtre en trois dimensions. Il s'agit de l'empreinte laissée par les différentes parties du cerveau sur la partie interne des os du crâne. Un prototype qui a permis aux chercheurs d'en savoir plus sur les changements de forme et de taille du cerveau au sein de l'espèce Homo sapiens, depuis les individus européens les plus anciens jusqu'aux hommes actuels.

Antoine Balzeau, chercheur au CNRS et au Muséum national d'Histoire naturelle. Ce paléoanthropologue a numérisé le crâne de Cro-Magnon à l'aide d'un scanner médical. Un procédé qui lui a permis d'observer les structures anatomiques internes de la boîte crânienne et de reconstituer une empreinte du cerveau de notre ancêtre. Résultat : le cerveau de l'homme contemporain est 15 à 20 % plus petit que celui de Cro-Magnon. « Notre cerveau a diminué en taille et sa forme s'est également modifiée, précise le chercheur. Il s'est un peu compacté d'avant en arrière ». Ainsi, par rapport à nos prédécesseurs, notre cerveau est comprimé au niveau des lobes frontaux et occipitaux. En revanche, les lobes temporaux et le cervelet se sont élargis.

Comment expliquer cette évolution ? D'après John Hawks, chercheur à l'université du Wisconsin et spécialiste de l'étude des os et de l'évolution de la génétique humaine, cette diminution de taille « pourrait être le résultat direct de la réduction de la taille corporelle, à mesure que les humains ont adopté un régime agricole, plus pauvre que celui des chasseurs-cueilleurs. D'ailleurs, au cours des cent dernières années, la taille du corps a augmenté chez les populations industrialisées, mieux alimentées et en meilleure santé, et leur cerveau a lui aussi regagné quelques cm³. » Mais si l'environnement et l'alimentation peuvent avoir joué un rôle, le chercheur estime que les causes de ces variations ne sont pas parfaitement claires. Même son de cloche chez Antoine Balzeau, qui souligne l'importance de la plasticité cérébrale : « il ne faut pas perdre de vue qu'il existe aussi une variation dans la forme et dans la taille chez l'homme actuel ».

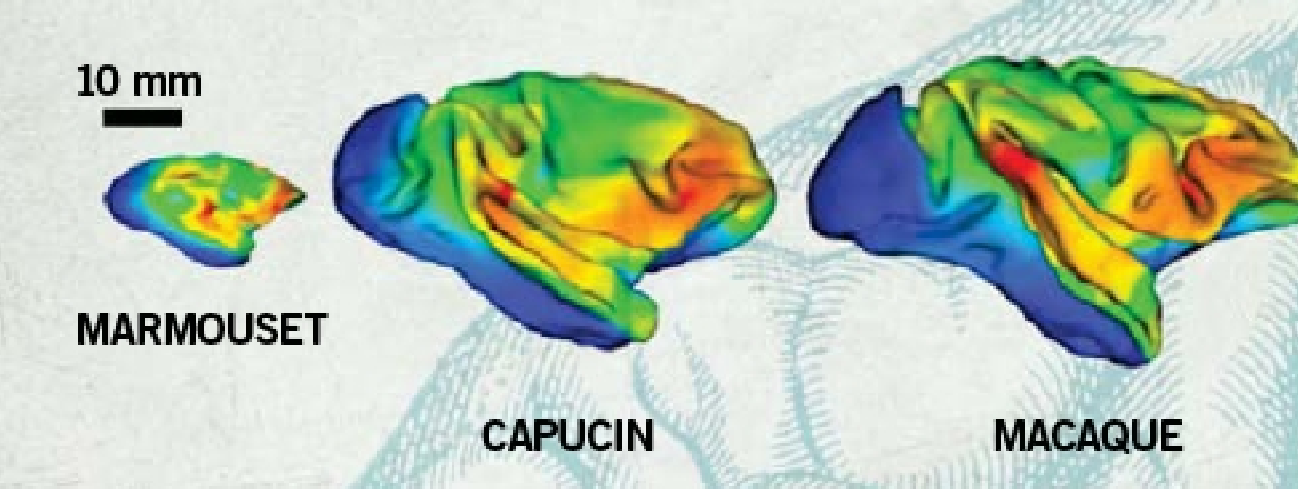
> « Le cerveau de l'homme contemporain est 15 à 20% plus petit que celui de Cro-Magnon »

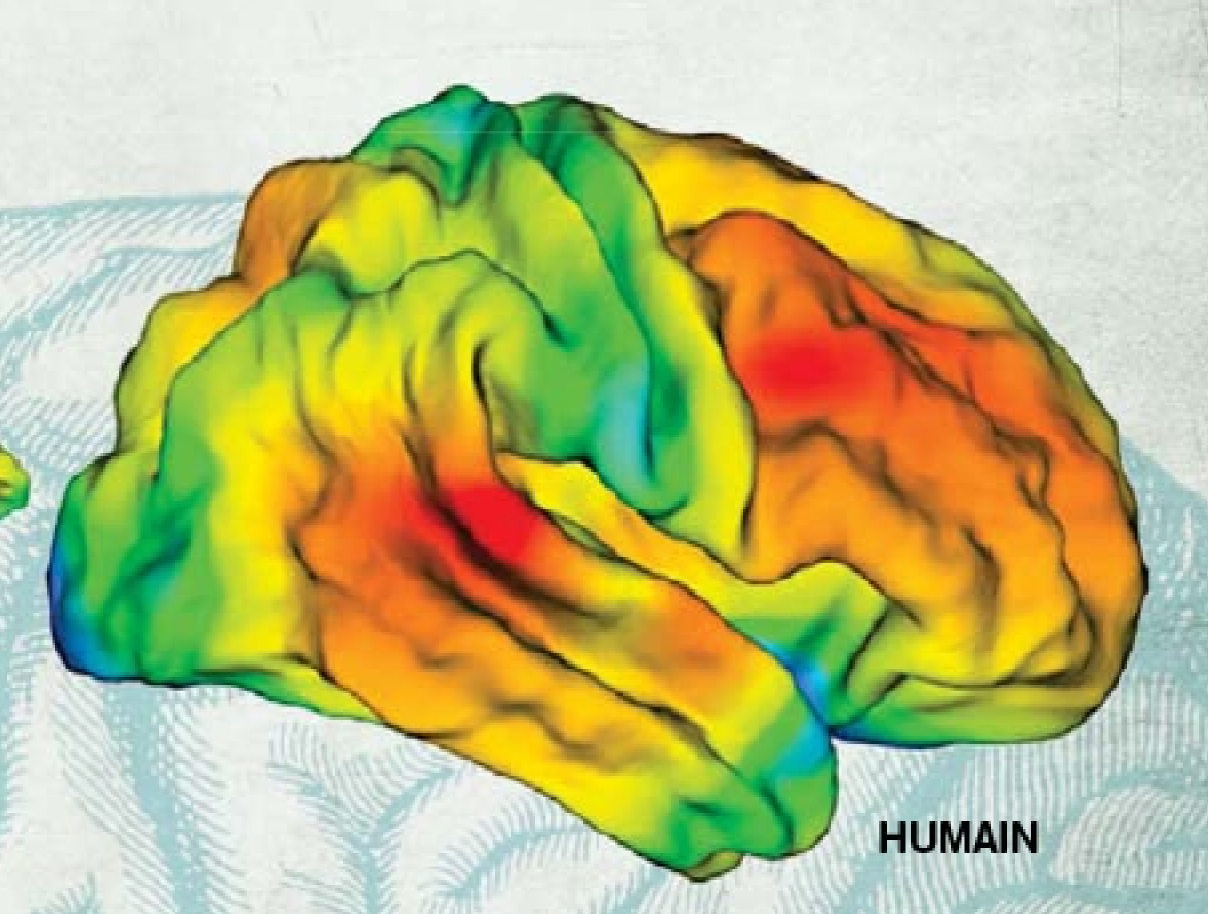
DES CAPACITÉS INTELLECTUELLES SIMILAIRES AUX NÔTRES. Une explication cohérente avec l'analyse des capacités cognitives de nos ancêtres. « En comparant des hommes d'il y a quelques dizaines de milliers d'années avec des individus actuels, on peut difficilement considérer qu'il y a des différences comportementales ou intellectuelles très grandes », détaille Antoine Balzeau. En effet, la production des hommes de cette époque-là en témoigne : les outils et les armes qu'ils fabriquaient étaient très perfectionnés. De plus ils s'adonnaient à l'art et enterraient leurs morts. « Les grottes ornées, les sépultures impliquent une conception de choses abstraites, des capacités artistiques, de conception, de prévision qui sont certaines », complète le chercheur. Des compétences intellectuelles importantes qui reflètent une culture développée et des comportements sociaux probablement complexes.

Mais puisque nous semblons si proches de nos ancêtres, on peut se demander jusqu'où remonter le fil de la lignée humaine pour trouver des différences cérébrales plus prononcées. Pour répondre à cette question, il faut considérer notre évolution sur une échelle de temps plus large, en partant de nos plus vieux ancêtres. Le changement le plus évident reste sans nul doute l'augmentation du

L'EXPANSION CORTICALE

Modèles représentant l'expansion corticale moyenne chez quatre espèces, de la plus petite (marmouset) à la plus grande (humain). En rouge, on peut observer le développement plus important de la jonction temporo-pariétale et du cortex ventrolatéral préfrontal par rapport au reste du cerveau.





ÉVOLUTION CÉRÉBRALE : UNE QUESTION DE GÉNÉTIQUE ?

Et si les spécificités de notre cerveau étaient tout simplement inscrites dans notre programme génétique ? C'est en tout cas ce que suggèrent les résultats d'une récente étude menée par une équipe australo-britannique. On savait déjà que chez l'Homme, certaines structures cérébrales, cruciales pour la cognition de haut niveau, sont plus grandes que ce que l'on pourrait attendre d'un primate de cette taille. Il s'agit du cortex latéral préfrontal, impliqué dans la planification à long terme, l'expression de la personnalité ou encore la prise de décision, et de la jonction temporo-pariétale, qui joue un rôle dans la conscience de soi et la distinction soi-autrui.
En comparant ces régions chez des humains, des marmousets, des capucins et des macaques, les chercheurs ont découvert que leur développement "disproportionné" par rapport au reste du cerveau suit une tendance constante. Ainsi, plus le cerveau est grand, plus ces aires sont importantes par rapport à la taille totale de l'encéphale. Un modèle qui remet en question l'idée selon laquelle le volume de ces structures chez les humains est dû à des mutations spécifiques : l'émergence de ces régions cérébrales, responsables de traits considérés comme spécifiquement humains (planification, décisions complexes, parole…), pourrait être simplement liée au fait que notre cerveau est devenu plus gros que celui des autres primates. Nos comportements complexes et notre cognition de haut niveau ne seraient donc qu'une conséquence naturelle de l'évolution vers un cerveau plus volumineux. Reste toutefois à vérifier si ce modèle se confirme avec les chimpanzés et les gorilles qui sont les primates le plus proches de nous.

RÉFÉRENCE

■ **T.A. Chaplin & coll., *A Conserved Pattern of Differential Expansion of Cortical Areas in Simian Primates,* The Journal of Neuroscience, septembre 2013.**

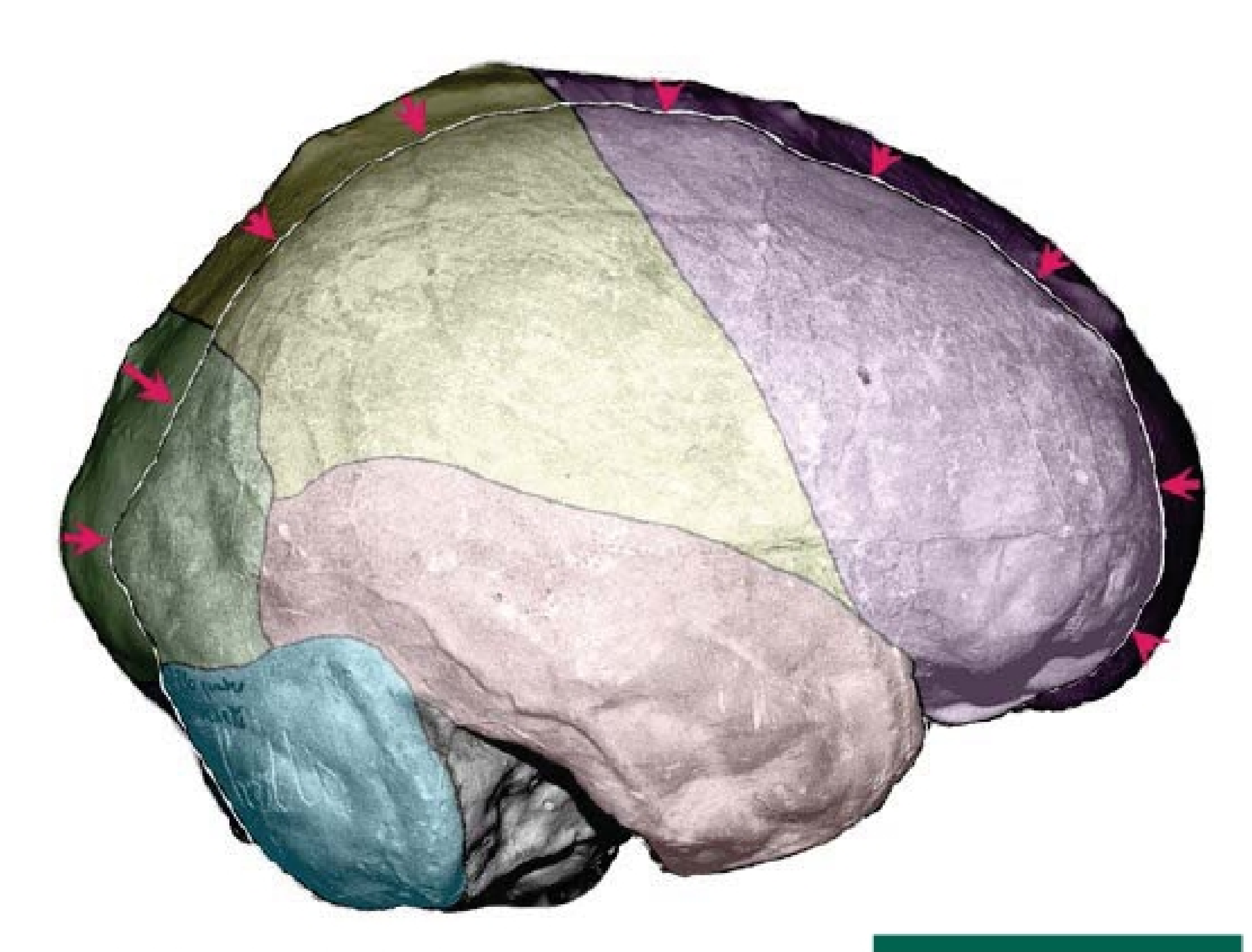
« Les humains ont vu leur lobe frontal se développer davantage que les autres primates »

▶ volume cérébral au fil des siècles. Depuis les Australopithèques il y a 3,5 millions d'années, il a été multiplié par trois pour passer de 450 cm³ en moyenne à 1 350 cm³ chez l'homme d'aujourd'hui ! Bien sûr, cette augmentation s'est faite progressivement : le cerveau d'Homo erectus, dont les premières traces remontent à environ 1,7 million d'années, faisait entre 850 et 1 100 cm². Une évolution qui n'a toutefois pas suivi un rythme constant, comme l'explique John Hawks : « Cela s'est accéléré au cours des dernières centaines de milliers d'années ».

DES SPÉCIFICITÉS PRÉSENTES DEPUIS LES AUSTRALOPITHÈQUES. Mais ce n'est pas tout ! En étudiant et en comparant les crânes fossilisés d'hominidés de toutes les époques, l'anthropologue Ralph Holloway a également mis en évidence plusieurs modifications dans l'organisation de nos structures cérébrales. Selon lui, le cortex visuel primaire, qui constitue la "porte d'entrée" des informations visuelles, s'est réduit tandis que le cortex pariétal postérieur, impliqué dans le traitement de ces informations, a augmenté. Une évolution observable dès les Australopithèques.

Par ailleurs, John Hawks note un autre changement important par rapport aux grands singes : « Les humains ont vu leur lobe frontal se développer d'avantage que les autres primates vivants. Cette expansion était déjà présente chez l'Australopithèque Sediba, même s'il possédait l'un des plus petits cerveaux parmi les fossiles d'hominidés connus. » Une information de taille puisque cette zone du cerveau constitue le siège des pensées les plus élaborées et des processus cognitifs de haut niveau, comme la planification ou le raisonnement logique. C'est d'ailleurs l'une des structures cérébrales qui a subi la plus forte expansion au cours de l'évolution des hominidés dans le groupe des primates.

DE NOMBREUSES QUESTIONS DEMEURENT. Enfin, les travaux de Ralph Holloway montrent également une augmentation de l'asymétrie corticale.



Ce schéma représente la variation morphologique de l'endocrâne entre les premiers Homo sapiens et les hommes d'aujourd'hui. Le contour externe correspond à un endocrâne de Cro-Magnon tandis que le contour interne représente l'endocrâne d'un Homme actuel.

Les différences entre hémisphère droit et hémisphère gauche étaient, là aussi, déjà présentes chez les Australopithèques. Une disparité qui est devenue de plus en plus prononcée et qui, selon l'anthropologue, est à mettre en lien avec la mise en place d'une préférence manuelle. En effet, la standardisation progressive des outils préhistoriques suggère que nos ancêtres sont probablement peu à peu devenus droitiers.

Reste à découvrir comment tous ces changements se sont opérés. Pourquoi notre cerveau a-t-il évolué de la sorte ? Pour Ralph Holloway, répondre à cette question nécessiterait d'avoir une machine à voyager dans le temps. À défaut, nous aurons besoin de beaucoup plus de données provenant de fossiles supplémentaires pour comprendre précisément ce qu'il s'est passé dans notre boîte crânienne depuis plusieurs millions d'années. ● CG



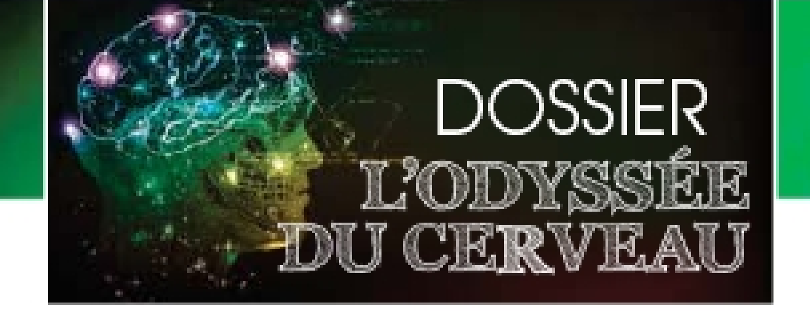
RÉFÉRENCES

■ A. Balzeau et coll., *First description of the Cro-Magnon 1 endocast and study of brain variation and evolution in anatomically modern Homo sapiens,* Bulletins et mémoires de la Société d'anthropologie de Paris, avril 2013.

■ A. Blazeau, E. Gilissen et D. Grimaud-Hervé, *Shared pattern of endocranial shape asymmetries among great apes, anatomically modern humans, and fossil hominins,* Plos One, janvier 2012.

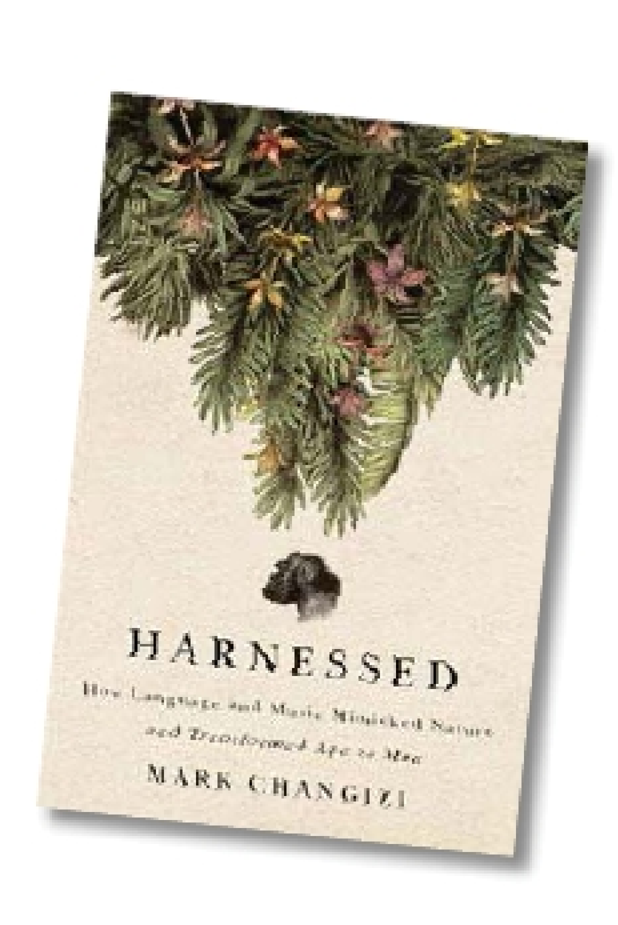
■ A. Balzeau, R.L. Holloway et D. Grimaud-Hervé, *Variations and asymmetries in regional brain surface in the genus Homo,* Journal for Evolution, avril 2012.

■ R.L. Holloway et coll., *Evolution of the Brain in Humans – Paleoneurology,* The New Encyclopedia of Neuroscience, Springer, 2009.



À QUOI RESSEMBLERA LE CERVEAU DU FUTUR ?

Notre cerveau ayant évolué à travers les millénaires, il est légitime de s'interroger sur les possibles changements qu'il pourra connaître dans l'avenir. Pour le spécialiste des neurosciences évolutionnistes **Mark Changizi**, cette question se pose en d'autres termes : ce sont nos facultés innées qui auraient été peu à peu domestiquées par l'évolution culturelle. Une vision alternative qui pose de nouvelles hypothèses sur le cerveau du futur, et que le chercheur développe dans son livre, *Domestiqués : comment le langage et la musique ont imité la nature et transformé le Singe en Homme.*



Pendant des milliers d'années, notre cerveau a évolué pour devenir ce qu'il est aujourd'hui, mais actuellement, nous disposons toujours de structures cérébrales très anciennes. Quelles sont-elles, et comment les utilise-t-on ?

Nous possédons des structures cérébrales fourmillant de fonctions qui étaient importantes pour nos ancêtres. Beaucoup de ces fonctions sont basiquement les mêmes que celles existant chez n'importe quel vertébré, mais certaines d'entre elles sont nouvelles pour les mammifères, quelques-unes le sont chez les primates, et une petite portion est nouvelle pour nous, humains. La majeure partie du "programme" de notre cerveau est utilisée comme elle l'a toujours été, réalisant des choses que nous tenons pour acquises, comme se déplacer, percevoir des objets et toutes sortes d'autres choses que font les mammifères. La question délicate est : "comment cette petite distinction cérébrale entre nous et les autres singes peut-elle expliquer des différences si radicales au niveau des capacités ? Pourquoi suis-je capable d'écrire ces mots tout en écoutant une chanson de Marvin Gaye et en fredonnant cet air ?". On répond généralement que nous avons développé de nouveaux programmes cérébraux, de nouvelles structures cérébrales conçues pour le langage et la musique. Je ne crois pas que cela soit vrai. Je pense plutôt que nous avons été "exploités", ou "domestiqués par la nature".



MARC CHANGIZI est neurobiologiste, spécialiste des neurosciences évolutionnistes. Il dirige la section “cognition humaine” au 2ai Labs de la Boise State University aux États-Unis.

RENSSELAER/MARKMCCARTY

RANCZANDRAS/GETTY IMAGES

NOUVELLES TECHNOLOGIES : ATTENTION DANGER ?

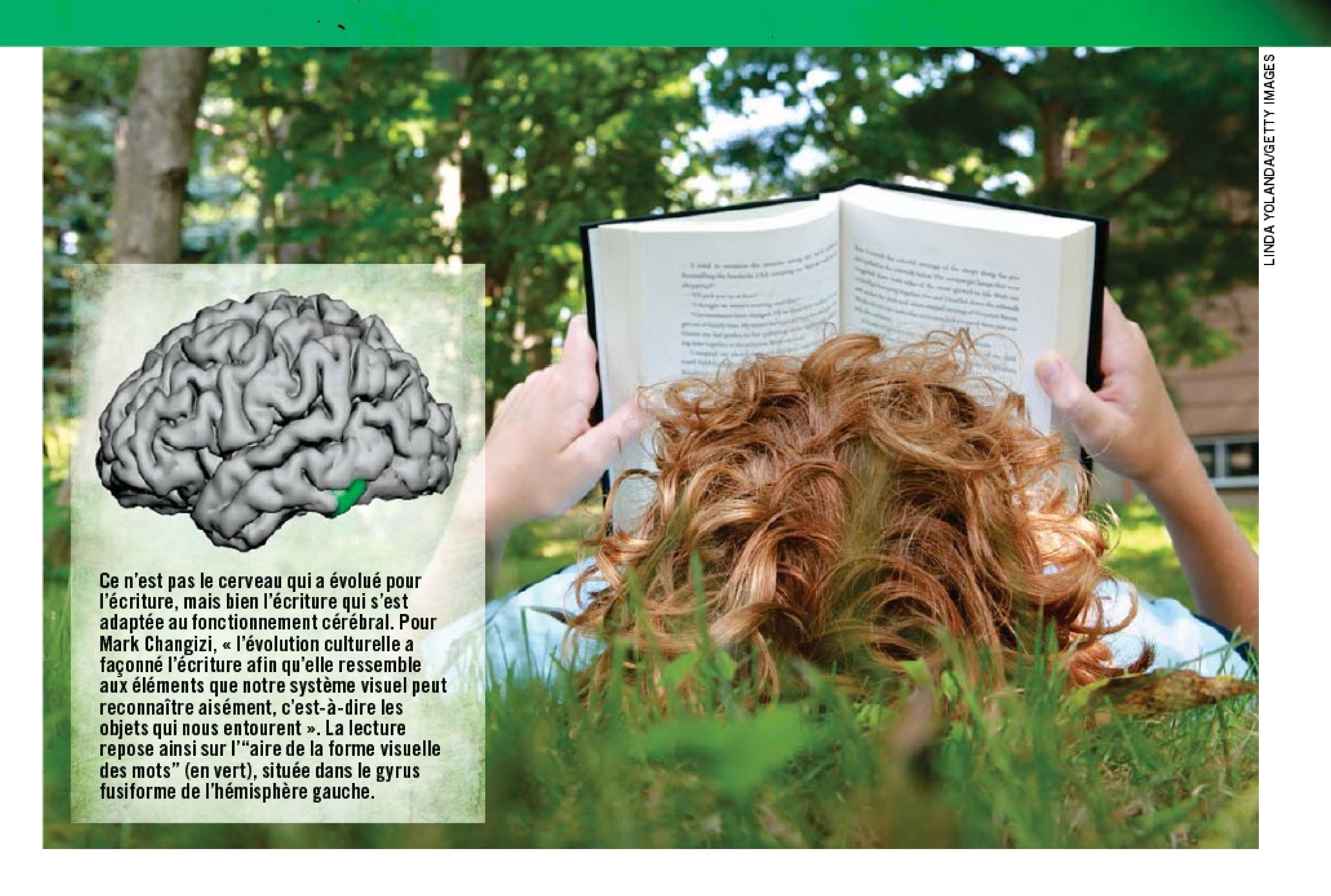
On ne compte plus les thèses plus ou moins alarmistes à propos des effets d'Internet et des nouvelles technologies, mais qu'en est-il vraiment? Pour Sebastian Dieguez, chercheur en neurologie à l'université de Fribourg, ces livres et articles cherchent avant tout à défendre une perspective préétablie sans pour autant fournir de données sérieuses. « L'imprimerie, le téléphone, le développement des moyens de transport... Toutes les technologies ont été nouvelles à un moment donné et finalement, on constate que les gens ont toujours eu peur de la nouveauté », explique-t-il.

En juin 2008, l'essayiste américain Nicholas Carr a publié un article intitulé « Google nous rend-il stupides? ». Il y défendait la thèse selon laquelle l'usage d'Internet affecterait certaines de nos capacités. Une idée qui a fait couler beaucoup d'encre, mais que Sebastian Dieguez relativise : « C'est le but même d'un dictionnaire de nous dispenser d'avoir à connaître tous les mots par cœur. C'est le but même de l'écriture de nous dispenser d'avoir à mémoriser un nombre astronomique d'informations. Il est donc peu probable que les gens deviennent complètement stupides, uniquement parce qu'on leur évite des méthodes laborieuses et pénibles. » Une mise en perspective d'autant plus rassurante que toutes ces nouvelles technologies reposent sur des structures très anciennes : le cerveau social, le cerveau visuel, la mémoire et le langage.

Aujourd'hui, l'afflux toujours plus important de données nous oblige à faire le tri dans un amas d'informations gigantesque. Nos ancêtres, eux, n'avaient que la réalité de la nature et les interactions sociales autour d'eux à gérer. De plus, nous devons également traiter une masse de données virtuelles. Cette nécessité nous a forcés à développer des compétences dont nous n'avions pas besoin auparavant, mais indispensables aujourd'hui pour être capables de raisonner sur un mode abstrait. Finalement, nous faisons peut-être moins d'efforts aujourd'hui pour mémoriser certaines informations, mais c'est parce que nous savons qu'elles sont accessibles facilement grâce aux moteurs de recherche. Et pour Sebastian Dieguez, cela ne prouve en rien que nos capacités mnésiques diminuent : « La mémoire reste ce qu'elle a toujours été : un mécanisme neuropsychologique assez fragile. On ne peut pas se rappeler de tout ce que l'on veut, on mémorise de nouvelles choses, on en oublie des anciennes. Ici, on est dans le domaine du fonctionnel, donc cela ne signifie pas que sur le plan structurel le cerveau s'atrophie. »



SEBASTIAN DIEGUEZ est chercheur en neurologie à l'université de Fribourg, Suisse.



LINDA YOLANDA/GETTY IMAGES

Ce n'est pas le cerveau qui a évolué pour l'écriture, mais bien l'écriture qui s'est adaptée au fonctionnement cérébral. Pour Mark Changizi, « l'évolution culturelle a façonné l'écriture afin qu'elle ressemble aux éléments que notre système visuel peut reconnaître aisément, c'est-à-dire les objets qui nous entourent ». La lecture repose ainsi sur l'"aire de la forme visuelle des mots" (en vert), située dans le gyrus fusiforme de l'hémisphère gauche.

Comment expliquer alors que notre cerveau possède une zone capable de traiter les lettres et les mots alors que l'écriture date de quelques milliers d'années ?
La lecture est beaucoup trop récente pour avoir affecté l'évolution de notre cerveau. Après tout, si vous regardez en arrière, il y a des chances pour qu'au moins un de vos arrière-grand-parents ait été illettré ! Ainsi, nous savons que nous n'avons pas évolué pour lire, et pourtant… La lecture possède toutes les caractéristiques de l'instinct : c'est quelque chose de très compliqué que nous apprenons néanmoins de manière précoce, nous lisons automatiquement et sans effort, on retrouve la lecture de manière quasi-universelle chez les humains et il existe des "grammaires" qui gouvernent tout système d'écriture. Nous possédons également ce qui semble être des régions consacrées à la lecture dans le cerveau – nous les appelons même l'"aire de la forme visuelle des mots".

Comment dans ce cas disposons-nous de ce qui semble être un instinct de la lecture, alors que cela ne peut clairement pas être une partie de notre histoire évolutive ?
Si nous n'avons pas évolué pour lire, l'écriture, elle, a évolué pour être plus facilement traitée par le cerveau humain. L'évolution culturelle a façonné l'écriture afin qu'elle ressemble aux éléments que notre système visuel peut reconnaître aisément, c'est-à-dire les objets qui nous entourent. J'ai montré dans mes recherches que les mots écrits possèdent une structure fondamentale au niveau de leurs contours qu'on retrouve dans les scènes naturelles. L'écriture ressemble à la nature, et transforme par conséquent notre système visuel de reconnaissance des objets en système de lecture. Il en va de même pour le langage oral et la musique.
Ainsi, l'un de nos talents clés, modernes, humains, dont nous sommes si fiers, ne fait pas partie de notre ▶

> « La lecture est beaucoup trop récente pour avoir affecté l'évolution de votre cerveau »



histoire naturelle. L'écriture est une technologie que nous a fournie l'évolution culturelle, et pas n'importe quelle technologie : elle se façonne d'elle-même pour épouser les spécificités de notre cerveau. Si nos talents humains modernes sont si radicalement différents de ceux existant chez les autres singes, ce n'est pas uniquement parce que la sélection naturelle nous a fourni ces aptitudes étranges. La sélection naturelle a fait de l'être humain un singe, juste légèrement plus intelligent que les autres, et peut-être doté de certaines facultés sociales. C'est principalement l'évolution culturelle qui a fait de nous des humains modernes en recyclant notre "programme de singe" à travers une domestication de notre cerveau.

Le rôle et le fonctionnement de ces structures sont-ils toujours bien adaptés au monde dans lequel nous vivons aujourd'hui ?

Le fonctionnement naturel de notre corps et de notre cerveau n'est pas toujours bien adapté au monde moderne. Par exemple, dans mes recherches, je parle de la "révolution de la vision", c'est-à-dire le fait que nos yeux ont évolué en s'orientant vers l'avant pour voir à travers les feuillages touffus. Mais dans notre monde moderne, nous passons peu de temps dans les habitats encombrés pour lesquels nos yeux se sont orientés vers l'avant et aujourd'hui, nous serions mieux lotis si nous avions des yeux sur les côtés comme les chevaux ou les lapins. Une fois de plus, l'évolution culturelle est en cours et elle le sera toujours, donc nous trouverons peut-être des moyens d'exploiter cette capacité évolutive actuellement sous-utilisée.

Aujourd'hui, tout va très vite et nous recevons une quantité phénoménale d'informations en permanence. Est-ce que cela pourrait avoir, à long terme, des effets sur notre cerveau ?

À très long terme, sur plusieurs centaines de milliers d'années par exemple, peut-être que nous, humains, pourrons présenter des changements dans notre cerveau, mais j'ai des doutes sur le fait qu'il y ait des changements significatifs profonds concernant le traitement de l'information. L'évolution culturelle est infiniment plus rapide que la sélection naturelle, et la sélection culturelle œuvre quasi instantanément pour exploiter les brillantes capacités de traitement dont dispose notre cerveau depuis des siècles. Celles-ci sont redirigées pour nous fournir toutes sortes de nouvelles aptitudes dont nous aurons besoin à l'avenir. La technologie utilisera si bien nos aptitudes au fil du temps que notre cerveau ne subira que peu de pression sélective le poussant à devenir plus intelligent.



SERGEY A.KHAKIMULLI/FOTOLIA

> **“** L’évolution culturelle est infiniment plus rapide que la sélection naturelle **”**

Nous passons de plus en plus de temps sur nos écrans et nous utilisons de plus en plus nos claviers. Est-ce que cela pourrait avoir un impact sur nos connexions cérébrales ?
Bien entendu, les technologies ont toujours affecté la manière dont notre cerveau fonctionne. Si vous écrivez avec un stylo, vous prenez une position de main spécifique et vous tracez des gribouillis très particuliers sur une page. Si l’aspect de l’écriture peut être naturel, l’acte d’écrire peut de pas l’être. À mesure que les technologies évoluent et avancent, elles nous exploitent de mieux en mieux, demandant de moins en moins à notre corps et à notre cerveau. Les tablettes tactiles permettent à nos mains et nos doigts de se mouvoir d’une multitude de façons naturelles. Ainsi, un humain ressemble plus à un singe lorsqu’il est face à un ordinateur moderne que face à des lignes de commandes sous UNIX sur un ordinateur du début des années 1980.

Finalement, est-il possible que certaines structures du cerveau puissent être “préservées” et ne pas être impactées dans leur fonctionnement par les changements du monde moderne ?
Il ne s’agit pas si savoir si certaines structures du cerveau peuvent être préservées. Potentiellement elles le seront presque toutes, car l’évolution culturelle les exploitera, les domestiquera naturellement et les redirigera afin qu’elles réalisent les choses que nous aurons besoin de faire dans le futur. Souvenez-vous, notre cerveau aujourd’hui est identique à celui de nos ancêtres “Humains 1.0” d’une précivilisation illettrée, non-linguistique, amusique d’il y a plusieurs centaines de milliers d’années, et pourtant quelle différence! Cette différence ne provient pas d’un changement cérébral, mais de l’émergence et du développement de l’évolution culturelle. Cette évolution a commencé à “inventer” des technologies qui ont exploité naturellement nos esprits, nous faisant passer d’Humains 1.0 à Humains 2.0. Si cette transformation radicale a été possible sans importants changements cérébraux, pourquoi s’attendre à des modifications cérébrales pour nos futurs Humains 3.0? ● **CG**

RÉFÉRENCES

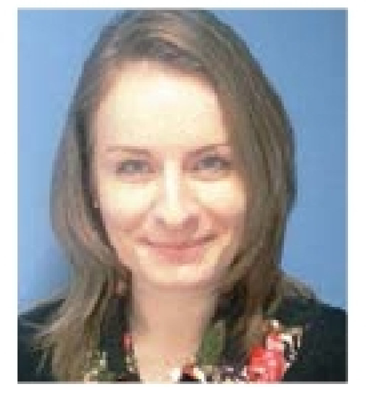
- **M. Changizi, *Harnessed : how language and music mimicked nature and transformed ape to man,* BenBella Books, 2011.**
- **M. Changizi, *The Vision Revolution : how the latest research overturns everything we thought we knew about human vision,* BenBella Books, 2009.**
- **S. Dehaene, *Les Neurones de la lecture,* Odile Jacob, 2007.**
- **Voir aussi l’interview de *Stanislas Dehaene* dans Le monde de l’intelligence n°11, 2008.**

Dans la tête d'un **ANXIEUX**

Difficultés à sélectionner les informations importantes, à décider, à interpréter correctement les situations… Pourquoi les personnes anxieuses perçoivent-elles le monde de façon singulière? Éléments de réponse grâce à plusieurs études récentes.



CHIARA SAMBO est chercheuse au département de neurosciences, physiologie et pharmacologie de l'University College de Londres, Royaume-Uni.



SUZANNE DASH est assistante de recherche en psychologie à l'université de Sussex, Royaume-Uni.



JUAN LUPIÁÑEZ est professeur de psychologie expérimentale et neurosciences cognitives à l'université de Grenade, Espagne.



JEREMY COPLAN est professeur de psychiatrie au SUNY Downstate Medical Center de Brooklyn, États-Unis.

Imaginez-vous dans un métro bondé. Tout autour de vous, une multitude d'inconnus. Personne ne parle, chacun est dans son monde. Debout, observant ce qui se passe, vous supportez bon gré mal gré les mouvements brusques du train. Soudain, il freine. Les occupants se rapprochent les uns des autres, malgré eux, provoquant des réactions de recul et de gêne… Une situation que tout le monde connaît, mais qui, pour certains, est un véritable cauchemar.

DANS UNE BULLE PROTECTRICE. En effet les personnalités anxieuses ont besoin d'un espace intime plus grand que les autres. C'est en tout cas la conclusion d'une étude menée par Chiara Sambo, de l'University College de Londres. Cette bulle de sécurité serait variable selon les individus, située à environ 20 à 40 cm de notre visage. La chercheuse a évalué la distance à partir de laquelle un réflexe de défense (clignement des yeux) apparaît lorsqu'un objet en mouvement s'approche. Elle a ensuite mis en relation l'apparition de ce réflexe de défense avec le niveau d'anxiété des personnes, mesuré par un questionnaire d'auto-évaluation. Comme supposé, la distance de sécurité est plus importante chez les personnes anxieuses.

Quelqu'un ou quelque chose qui s'approchera à moins de 40 cm d'une personne anxieuse sera davantage perçu comme une menace potentielle, alors que cette limite se situe normalement autour de 20 cm. ▶



MAURUSONE/GETTY IMAGES

Découvertes fondamentales

PAR MARC OLANO



Un lien entre intelligence et anxiété ?

« Notre hypothèse est la suivante : l'intelligence et l'anxiété auraient co-évolué chez les humains. En effet, le développement de l'anxiété a pu contribuer à leur protection dans des situations potentiellement dangereuses. » L'anxiété aurait donc progressé au fil de l'évolution au même titre que l'intelligence, afin de s'adapter continuellement à des situations nouvelles. Partant de ce postulat, Jeremy Coplan, professeur de psychiatrie, a mis en évidence des similitudes neurologiques entre des personnes très anxieuses et celles dotées d'une intelligence supérieure. En étudiant un groupe de personnes souffrant d'anxiété généralisée, il s'est aperçu que les personnes les plus fortement touchées présentent en moyenne le QI le plus élevé. Il s'est alors intéressé à la concentration en choline, un élément constitutif du neurotransmetteur acétylcholine, dans la substance blanche. Ce taux étant plus faible pour les personnes les plus intelligentes et les plus anxieuses, les chercheurs supposent une activité accrue dans cette zone.

DR

La substance blanche contient des axones myélinisés (terminaisons nerveuses protégées par une gaine) qui permettent une transmission plus rapide des informations entre les neurones. Ces données vont dans le sens d'une activité neuronale plus importante chez les personnes particulièrement anxieuses ou intelligentes. Un cerveau en effervescence donc, que ce soit pour protéger des dangers éventuels auxquels l'homme peut être confronté ou bien pour chercher des solutions à des problèmes complexes.

RÉFÉRENCE

■ **J.D. Coplan et coll.,** *The relationship between intelligence and anxiety: an association with subcortical white matter metabolism,* **Frontiers in Evolutionary Neuroscience, février 2012.**

« Les personnes anxieuses surestiment la menace potentielle que représente une personne ou un objet, précise la chercheuse. Elles ont également tendance à mal évaluer la distance à laquelle il ou elle se trouve et adoptent alors une position défensive, même si ce “danger potentiel” est encore bien loin. »

UN TROP-PLEIN D'INFORMATIONS. Si les personnes anxieuses ont tendance à surinterpréter d'éventuels signes de danger, elles présentent plus globalement des perturbations dans la façon dont elles traitent les multiples informations de l'environnement. Alberto Acosta, Juan Lupiáñez et Antonia Pilar Pacheco-Unguetti, de l'université de Grenade, ont testé chez des sujets souffrant d'un trouble d'anxiété généralisé les réactions face à des stimuli visuels. Les résultats diffèrent selon le type d'anxiété : d'un côté l'anxiété-trait, une tendance générale à percevoir toutes sortes de situations comme possiblement menaçante ou dangereuse ; de l'autre l'anxiété-état, liée à des situations anxiogènes précises, comme la peur du noir par exemple.

Il apparaît ainsi que les personnes souffrant d'une anxiété-trait ont plus de difficultés à ne pas tenir compte d'informations inutiles et parasites dans une situation donnée, sans qu'elle soit particulièrement menaçante. Débordées par un trop-plein d'informations, elles auront donc plus de mal à trouver des réponses adaptées, plus particulièrement dans les situations de conflit. « L'anxiété-trait désigne un état dans lequel la personne est constamment attirée par toute information nouvelle, peu importe qu'elle soit pertinente ou pas », confirment les chercheurs.

Trop préoccupées à scruter les dangers potentiels, les personnes présentant une anxiété-état ont, de leur côté, plus de mal à percevoir et sélectionner les informations pertinentes dans l'environnement. « Imaginons une personne anxieuse qui se promène dans la rue. Elle sera distraite par n'importe quel événement anodin : une voiture qui klaxonne, une personne qui appelle une autre, un signal lumineux… » Jusque-là rien d'anormal, nous sommes tous attirés par ce genre d'intrusions. « Le problème est que la personne n'arrive pas à s'y habituer, même si elle a rencontré ces interférences déjà plusieurs fois et sait qu'elles n'ont aucune importance », modère Juan Lupiáñez.


STEVANOVICIGOR/GETTY IMAGES

> « Les personnes anxieuses souffrent d'un manque de confiance en leurs capacités à faire face à des situations nouvelles »

QUAND LA MÉMOIRE DE TRAVAIL DÉFAILLE. Les personnes souffrant d'un trouble anxieux ont donc des difficultés à interpréter correctement les situations dans lesquelles elles se trouvent. Soit parce qu'elles perçoivent trop d'informations simultanément, soit parce qu'elles ont des difficultés à assimiler ces informations avec des expériences passées ou des connaissances. On parle alors de perte d'efficience cognitive dans la mesure où les ressources disponibles pour traiter l'information pertinente se trouvent diminuées.

En se basant sur la théorie du contrôle attentionnel du psychologue britannique Hans Eysenck, diverses études ont mis en évidence d'autres déficits cognitifs chez les personnes anxieuses. Parmi elles, la difficulté à passer d'une tâche à une autre. Les anxieux sont facilement débordés lorsqu'ils doivent gérer plusieurs choses en même temps. Par ailleurs, ils ont du mal à mettre à jour leur mémoire de travail, c'est-à-dire à éliminer des informations anciennes afin de pouvoir en intégrer des nouvelles. Il peut en résulter une certaine lenteur ou des réactions décalées.

LA PEUR DE DÉCIDER. De ces difficultés à contrôler les capacités attentionnelles, à sélectionner les informations pertinentes et à les analyser correctement, découle une autre complication: le fait d'arrêter un choix. Les personnes anxieuses souffrent souvent d'un manque de confiance en leurs capacités à faire face à des situations nouvelles. Elles ont peur de se tromper. Plutôt que de se fier à leurs intuitions, elles préfèrent utiliser des stratégies plus complexes pour arriver à une décision. On appelle cela le modèle analytique: il consiste à recueillir et analyser toutes les informations disponibles, à examiner tous les arguments "pour" ou "contre", à prévoir toutes les éventualités avant de se décider. Le traitement heuristique de l'information, lui, se base sur les connaissances déjà acquises et les expériences antérieures. Il est plus rapide et demande moins d'efforts.

Suzanne Dash, de l'université de Sussex, a travaillé sur le lien entre l'anxiété et l'utilisation des modèles de traitement de l'information. Selon la chercheuse, les personnes anxieuses ont une nette préférence pour le modèle analytique et utilisent très peu le modèle heuristique. Suzanne Dash parle d'un "seuil de suffisance" accru chez les personnes anxieuses. Si d'autres vont se contenter de peu d'éléments pour prendre une décision, les anxieux chercheront à se rassurer le plus possible en prenant un maximum de précautions. L'humeur dépressive, un manque de confiance dans leur jugement, l'intolérance face à l'incertitude, un sentiment de responsabilité accru et le désir de contrôler les situations sont autant de facteurs qui expliquent cette propension à "suranalyser" toute situation. « Chez les personnes anxieuses, l'utilisation de la pensée analytique entraîne des réflexions du type "et si…", confirme Suzanne Dash. Ce type de pensée va renforcer leur sentiment d'insécurité en même temps qu'elle entretient d'autres processus analytiques de prise de décision. » Les réflexions de type "et si…" vont plutôt créer de nouveaux problèmes au lieu de favoriser la recherche de solution. Nous voilà donc dans un cercle vicieux.

Ainsi le sentiment d'anxiété s'auto-alimenterait par un ensemble de perceptions spécifiques qui, tout en le combattant, ne font que le renforcer. Pour le désamorcer, l'objectif est d'amener ces personnes à accepter leur impuissance à contrôler tout type de situation. « En explorant pourquoi les personnes anxieuses ont besoin de se prémunir contre tout type de danger potentiel, nous essayons de trouver des situations dans lesquelles elles toléreraient un contrôle moindre », confirme Suzanne Dash. Des situations moins anxiogènes, dans lesquelles elles pourraient expérimenter le modèle heuristique et de nouveau se référer à leurs intuitions. ●

RÉFÉRENCES

■ **S.R. Dash, F. Meeten et G.C.L. Davey,** *Systematic information processing style and perseverative worry,* **Clinical Psychology Review, août 2013.**

■ **C.F. Sambo et G.D. Iannetti,** *Better safe than sorry? The safety margin surrounding the body is increased by anxiety,* **The journal of Neuroscience, août 2013.**

■ **N. Berggren et N. Derakshan,** *Attentional control deficits in trait anxiety: why you see them and why you don't,* **Biological Psychology, mars 2013.**

■ **A.P. Pacheco-Unguetti et coll.,** *Attention and anxiety: different attentional functioning under state and trait anxiety,* **Psychological Science, février 2010.**

PAR SABINE CASALONGA

Quand les mauvais rêves virent au CAUCHEMAR

S'il arrive à tout le monde de faire un cauchemar de temps en temps, certaines personnes en souffrent de façon récurrente, avec des conséquences délétères dans leur vie quotidienne. Mis à part les traumatismes, on connaît encore mal les causes de ces hantises nocturnes répétées. Plusieurs pistes sont explorées : génétique, anxiété et neurones miroirs.

PHOTOBANK / FOTOLIA



TORE NIELSEN est professeur de psychologie à l'université de Montréal et directeur de recherche au Centre d'études sur le sommeil de l'hôpital du Sacré-Cœur de Montréal, Canada.

JAMES PAGEL est professeur à l'université du Colorado et directeur du centre de troubles du sommeil du Colorado Sud, États-Unis.

MICHAEL SCHREDL est professeur de psychologie et directeur de recherche au laboratoire du sommeil de l'Institut central pour la santé mentale à Mannheim, Allemagne.

ANTONIO ZADRA est professeur de psychologie à l'université de Montréal, Canada.

Il fait nuit noire. Vous êtes poursuivi par un inconnu et courrez à perdre haleine. Soudain, vous vous éveillez en sueur, le cœur battant. Pour la majorité des gens, le souvenir pénible de ce rêve va vite s'effacer et le sommeil reprend le dessus. Ce n'est cependant pas le cas pour tout le monde. « Le cauchemar devient un problème lorsqu'il est fréquent et associé à une détresse significative pour le rêveur, entraînant des insomnies voire des ruminations durant la journée », explique Antonio Zadra, professeur de psychologie à l'université de Montréal.

Plus de 80 % de la population connaîtrait au moins une fois dans sa vie l'expérience du cauchemar. Selon la définition médicale officielle, il s'agit d'une expérience mentale perturbante qui conduit au réveil du dormeur. Cela le distingue des simples “mauvais rêves” pour lesquels le sommeil n'est pas interrompu. Le cauchemar intervient le plus souvent en fin de nuit, durant la phase de sommeil paradoxal. Il est associé à des émotions négatives fortes, principalement la peur, mais aussi la colère et la tristesse, et se traduit par des symptômes corporels – battements de cœur élevés, sueur, etc. – au réveil.

UN MÉCANISME D'ÉVITEMENT. Les cauchemars sont plus rares que les mauvais rêves et contiennent davantage d'agressions physiques, d'échecs et de fins malheureuses, selon une étude comparative canadienne. Les cinq thèmes les plus courants recensés par une étude allemande sont la chute, le fait d'être poursuivi, d'être paralysé, d'être en retard à un événement important et la disparition ou le décès de personnes proches. « Certains de ces rêves ont un objet qui accroît ▶



HAYWIREMEDIA - FOTOLIA

Les monstres se cachent sous le lit des enfants

Beaucoup plus fréquent que chez l'adulte, le cauchemar toucherait près de la moitié des enfants. Il serait lié à l'anxiété, au stress, à des troubles de comportement ou encore d'autres problèmes de sommeil, mais plus rarement à des facteurs externes, comme le fait de regarder des émissions violentes. « Si le contenu est relié à un événement stressant récent – divorce, problème scolaire –, les enfants éprouveront plus de détresse, explique Antonio Zadra. Ils ne peuvent pas forcément comprendre que c'est un processus illusoire, même après leur réveil. » Les cauchemars semblent diminuer avec l'âge, après un pic vers dixans. La différence entre garçons et filles, ces dernières en faisant plus souvent, n'apparaîtrait qu'entre dix et quinze ans.

RÉFÉRENCE

A. Gauchat et A. Zadra, *Prévalence, corrélats et traitements des cauchemars chez les enfants,* **Pratiques Psychologiques, septembre 2012.**

la peur et fait fuir le rêveur, indique Michael Schredl, professeur en psychologie à l'université de Mannheim. Cela correspond à un mécanisme classique d'évitement en psychologie. »

Le cauchemar a-t-il une fonction précise ? Peu de scientifiques le pensent. Il existe toutefois plusieurs théories dont l'une liée à l'évolution. « Issu de processus ancestraux, le cauchemar viserait à nous offrir un environnement virtuel pour expérimenter certains comportements d'évitement de menace, sans mise en danger réelle », explique ainsi Antonio Zadra. Faire un cauchemar de temps en temps est tout à fait normal. Cela devient néanmoins problématique pour environ 5 % de la population qui en souffre plus d'une fois par semaine.

UNE PRÉDISPOSITION GÉNÉTIQUE. C'est notamment le cas des victimes de stress post-traumatique. Des théories suggèrent qu'un dysfonctionnement du système de régulation des émotions serait en cause. « Chez ces patients, le traumatisme (accident, viol, attentat) est reproduit chaque nuit, car le mental ne parvient pas à le traiter, indique James Pagel, chercheur spécialiste des troubles du sommeil à l'université du Colorado. Les autres types de cauchemar pourraient également être liés à ce système. »

L'origine des autres types de cauchemar récurrent et les mécanismes associés restent encore mal compris. Plusieurs études ont cependant permis d'identifier des facteurs de risque et de proposer certaines hypothèses. Il existe d'abord une prédisposition génétique, bien que l'on ne connaisse par la fonction des gènes en question. « Les jumeaux monozygotes auraient plus de risques d'avoir la même susceptibilité aux cauchemars, même s'ils sont séparés à la naissance, que les faux jumeaux », précise Antonio Zadra.

> « Le cauchemar proviendrait d'un dysfonctionnement du système de régulation des émotions »

« Le cauchemar, c'est l'échec du rêve »



Entretien avec **Élisabeth Pradoura,** psychologue, ingénieur au CNRS et auteur de « Pourquoi le cauchemar » (Editions in Press, 2009).

Qu'est-ce qui caractérise le cauchemar?
Le cauchemar, c'est l'échec du rêve. Ce dernier joue un rôle anxiolytique en permettant à notre psychisme de "digérer" les émotions et les affects de la vie quotidienne. Trop d'angoisse conduit au cauchemar et à un éveil prématuré, empêchant ainsi ce processus. Le cauchemar peut aussi être un signal d'alerte, indiquant quelque chose qui résiste.

Qui en souffre, et pourquoi?
Tout le monde, au moins une fois dans sa vie. À certains âges, il est bon de passer par cette épreuve. Un enfant qui n'en fait jamais, c'est étrange. C'est souvent l'indice de la construction du monde psychique, au moment de l'apprentissage de la maîtrise corporelle et du langage. Le mot "cauchemar", qui désigne le piétinement d'un cheval sur la poitrine, est d'ailleurs apparu à la fin du Moyen-Âge dans un contexte d'émergence de la notion d'individu. Chez l'adulte, il signale un ébranlement de la construction psychique, souvent suite à un changement important tel qu'un divorce, un accouchement ou un licenciement.

Quels sont les "remèdes" face à la souffrance liée aux cauchemars?
Il existe trois formes de réponse : le travail ou la recherche intellectuelle pour comprendre, les drogues, et la création artistique. Il est très rare que des patients consultent explicitement pour leurs cauchemars. Il est cependant crucial ne pas rester seul dans sa souffrance et de pouvoir en parler.

CAUCHEMARS ET COMPORTEMENTS "MIROIRS". Une récente étude suggère le rôle joué par notre propension à imiter autrui ! D'après de précédents constats de l'équipe de Tore Nielsen, de l'université de Montréal, les personnes qui reproduisent des comportements fictifs durant leur sommeil, souvent le point culminant des cauchemars, ont aussi une tendance diurne aux comportements "miroirs", tels qu'imiter les émotions et les actions d'autrui. D'après leurs résultats, un mécanisme commun pourrait être en jeu. « J'ai longtemps pensé que les cauchemars étaient liés à des problèmes d'interaction sociale, avance Tore Nielsen. Or notre étude suggère que le système des neurones miroirs, qui joue un rôle clé dans la compréhension sociale et la communication, serait impliqué dans la production de l'imagerie des rêves, et son dysfonctionnement conduirait aux cauchemars. »

Parmi les autres facteurs de risque figurent la dépression, les situations de stress, mais aussi certains médicaments. Des traits de caractère spécifiques sont également associés à un risque accru. « Les personnes anxieuses sont plus susceptibles d'en souffrir, même si tous ceux qui ont des cauchemars ne sont pas anxieux », affirme Michael Schredl. Les femmes sont également plus touchées que les hommes, mais cela pourrait s'expliquer par leur meilleure aptitude à en parler ou encore par leur tendance plus forte à l'anxiété.

Face à ces tourments nocturnes, les rêveurs semblent assez impuissants. Il est toutefois intéressant de noter que les artistes qui font plus de cauchemars que les autres les utilisent souvent dans leur processus de créativité, ce qui leur permet de mieux vivre avec. « Le réalisateur Stewart Stern, vétéran de la Seconde Guerre mondiale et qui souffre de stress post-traumatique, a reproduit certaines de ses obsessions nocturnes dans ses films », révèle James Pagel. L'histoire ne dit pas si cela lui a permis de retrouver des nuits apaisées. ●

RÉFÉRENCES

■ **T. Nielsen, R.A. Powell et D. Kuiken,** *Nightmare frequency is related to a propensity for mirror behaviors,* **Consciousness and Cognition, décembre 2013.**

■ **G. Robert et A. Zadra,** *Thematic and content analysis of idiopathic nightmares and bad dreams,* **Sleep, octobre 2013.**

■ **M. Schredl,** *Nightmare disorder,* **The Encyclopedia of Sleep, 2013.**

■ **J. Pagel et C. Kwiatkowski,** *Creativity and dreaming: correlation of reported dream incorporation into awake behavior with level and type of creative interest,* **Creativity Research Journal, octobre 2003.**

PAR GILLES MARCHAND

DR

ALAIN BERTHOZ
Le cerveau, créateur de mondes

« Substitut », ou « remplaçant » : telle est l'étymologie latine de la vicariance, un concept auquel Alain Berthoz, professeur au Collège de France, consacre son dernier livre. Une notion qui repose sur une capacité fondamentale du cerveau : imaginer des stratégies différentes pour parvenir à un but. Et un plaidoyer pour la diversité et la richesse de l'expérience humaine.




Que signifie le concept de vicariance, auquel vous consacrez votre dernier livre ?
Il s'agit d'une propriété fondamentale du vivant qui, dans le champ des sciences cognitives et des neurosciences, correspond à une capacité extraordinaire : celle de trouver des solutions différentes pour atteindre un même but. Compte tenu de la diversité de nos cerveaux, de nos cultures, de nos buts, la vicariance est une extraordinaire source de flexibilité, d'adaptabilité et donc de création. Elle s'impose, finalement, comme l'un des fondements de l'innovation et de l'imagination. La propriété de vicariance est souvent opposée à l'existence de lois générales. Il y a en effet une tendance en sciences cognitives et neurosciences, comme d'ailleurs en linguistique, en économie et dans toutes les sciences de l'homme, à opposer universalité et diversité. Nous sortons d'une période durant laquelle a été privilégiée la recherche de normes, de règles générales, déconnectées de la richesse permise par cette propriété fondamentale. Il est important de retrouver le sujet et l'acte, dans toute leur diversité.

Quelles sont les différentes formes de vicariance ?
Le terme vient du vicaire, qui remplace le prêtre dans ses tâches administratives. Ses racines étymologiques renvoient au changement, à la substitution. C'est un terme utilisé par de nombreuses commu-



« La vicariance est une extraordinaire source de flexibilité, d'adaptabilité et donc de création »

nautés scientifiques et sociales, pour désigner des processus dans lesquels s'observent des remplacements. Par exemple, des paléontologues y recourent pour désigner la diversité des espèces, sous l'effet de mécanismes génétiques et de leur capacité de produire des variations. Dans les années 1950, l'école de psychologie différentielle menée par Maurice Reuchlin prenait acte des stratégies cognitives différentes utilisées par les individus pour résoudre un problème de mathématiques ou prendre une décision. Cette école a disparu, laminée par l'intérêt des neurosciences pour un cerveau moyen. Aujourd'hui, grâce à l'imagerie qui révèle l'activation de réseaux différents, la diversité reprend ses droits.

On doit une autre dimension de la vicariance au grand ethnologue Jacob von Uexküll : par exemple une tige de fleur est perçue comme de la nourriture par la vache, comme une échelle par la fourmi, et comme une manifestation d'attachement par un amoureux. Un même objet peut donc être utilisé de façon vicariante. Ainsi, il faut distinguer la vicariance fonctionnelle, liée à la diversité des processus de l'évolution et permettant à notre cerveau de réaliser des opérations par divers processus, et la vicariance d'usage, dans laquelle un même objet peut être associé à des usages très différents.

J'ai également désigné par vicariance fonctionnelle la propriété qui permet au cerveau de trouver, en ▶

ALAIN BERTHOZ, neurophysiologiste, est professeur honoraire de la Chaire de physiologie de la perception et de l'action du Collège de France, et membre de l'Académie des sciences.



La vicariance permet d'envisager des solutions différentes à un même problème.

cas de lésion par exemple, une combinaison nouvelle de réseaux pour effectuer une même fonction. Cette propriété utilise la flexibilité et la plasticité du cerveau. Elle suppose que soient mises en place des méthodes de rééducation telles que chaque patient puisse trouver sa propre stratégie de remplacement vicariant.

Sur quels mécanismes repose la vicariance ?

Au cours de l'évolution, les moyens pour un organisme vivant de résoudre des problèmes – de prédation, d'adaptation à l'environnement, etc. – ont longtemps été limités. Il est intéressant d'essayer de comprendre quels mécanismes du fonctionnement cérébral ont permis peu à peu d'aboutir à la liberté créatrice que nous donne aujourd'hui la vicariance. Dans *Le Sens du mouvement*, j'insiste sur l'importance de revenir à l'acte comme fondement des fonctions cognitives, même les plus évoluées, et de rechercher dans les bases neurales de l'action des mécanismes qui permettent d'élaborer les concepts les plus sophistiqués. Le mathématicien Henri Poincaré disait d'ailleurs qu'« imaginer un point dans l'espace, c'est imaginer le mouvement nécessaire pour l'atteindre ».

Comme je l'avais déjà esquissé dans mes précédents ouvrages, *La Décision* et *La Simplexité*, l'enjeu consiste à rechercher les fondements de la vicariance dans les mécanismes de l'action ou, plus généralement, de l'*acte*, qui inclut l'intention et le contexte culturel de l'action. L'un d'entre eux, fondamental, est le fait que le cerveau est un simulateur, et même un émulateur de réalité.
Notre cerveau dispose de réseaux de neurones qui simulent les propriétés mécaniques des membres de notre corps. Ces modèles internes de la dynamique de notre corps nous permettent d'anticiper, de prédire l'action avant de la réaliser et donc de la corriger si besoin. Non seulement le cerveau prend en compte des informations externes pour produire une action, mais il peut aussi simuler l'action sans qu'elle soit exécutée grâce à différentes parties du cerveau, dont le cervelet.
Nous avons aussi, ce qui est tout à fait étonnant, un modèle interne de l'intégralité du corps. Les neurologues parlent de schéma corporel, d'image du corps, et évoquent différents phénomènes – comme le membre fantôme suite à une amputation ou les expériences de sortie du corps –, tandis que la littérature abonde d'exemples du *double* interne.

Est-on vicariant à tout âge?

« La capacité de trouver des solutions différentes à un même problème apparaît au cours de l'enfance, lors de l'ontogenèse. Le célèbre psychologue Jean Piaget a démontré l'apparition successive de stratégies cognitives lors du développement. Nous savons également que cette capacité est rendue possible par l'existence de périodes critiques, de moments au cours desquels s'acquiert la possibilité de changer de stratégie. L'un des fondements de la vicariance est l'inhibition : pour mettre en place et expérimenter une nouvelle stratégie, il est nécessaire d'inhiber les autres. Plusieurs structures y contribuent, comme le cervelet, les ganglions de la base et le cortex préfrontal. Parmi les périodes critiques, celle de la préadolescence, entre sept et douze ans, me tient particulièrement à cœur. Elle marque le moment où le changement de point de vue et l'acquisition de la tolérance deviennent possibles, où l'individu peut sortir d'une vision unique du monde et d'autrui. Puis au cours de la vie, la diversité des expériences influence la façon dont les capacités de vicariance vont se développer. Que se passe-t-il chez la personne âgée? Au cours du vieillissement, l'évolution de ces aptitudes dépend des capacités cérébrales, qui ont tendance à diminuer. C'est là que se joue l'enjeu de la remédiation et du maintien des capacités grâce aux activités physiques et intellectuelles. La neurogenèse, l'une des grandes découvertes récentes, joue sans doute un rôle essentiel. »

Cela signifie que nous n'avons pas besoin du monde externe, en permanence. Le thalamus, porte d'entrée aux informations issues de l'environnement, n'envoie d'ailleurs au cortex qu'une infime partie d'entre elles. Ma thèse est que la compétence de vicariance est en partie liée à l'existence, dans nos réseaux neuronaux et dans le dialogue entre le cerveau et le corps, de cette capacité à simuler. Une capacité dont le rêve, les membres fantômes ou les hallucinations sont des exemples, et qui nous permet de simuler des solutions nouvelles.

Quel est le résultat de la collaboration entre le cerveau simulateur et le double interne ?
Mon émerveillement devant la richesse du concept de vicariance vient du fait qu'il ne suppose pas seulement l'existence de mécanismes de simulation et de prédiction, mais qu'il met aussi en jeu la

> “ La vicariance est un processus dynamique, qui implique la relation entre le passé et le futur ”

mémoire : il s'agit d'un processus extraordinairement dynamique, qui implique la relation entre le passé et le futur. La création de scénarii imaginaires pour trouver des solutions différentes implique nécessairement les connaissances acquises, les expériences passées, les émotions ressenties – comme le révèlent les travaux d'Antonio Damasio sur les marqueurs somatiques. On ne peut expliquer la propriété de vicariance dans ses formes les plus élaborées qu'en faisant appel à des concepts comme ceux du philosophe Husserl – la mise en relation entre protension (attitude de l'esprit tourné vers l'avenir N.D.L.R.) et rétention, qui définit le présent comme un aller-retour entre passé et futur –, et en faisant référence aux données modernes des neurosciences cognitives, comme Daniel Schacter, de l'université Harvard, qui travaille sur les bases neurales de construction de scenarii à partir du concept de “voyage mental”. D'après des données récentes, les structures cérébrales impliquées dans la construction de scenarii sont modulaires : une modularité qui correspond à celle de la mémoire – sémantique, épisodique, et procédurale.

L'anticipation du futur et la création de scenarii renvoient à la question du choix. En quoi la vicariance éclaire-t-elle les mécanismes de la prise de décision ?
L'étude des bases neurales de la prise de décision occupe une place importante dans la recherche en neurosciences. Il n'est donc pas question de prétendre résumer ce champ. Mais il est clair que la décision est un mécanisme fondamental du vivant. Elle est sélection, donc fait partie des processus qui font appel à l'existence de mécanismes visant à trouver des solutions. La décision d'agir s'appuie ainsi sur des processus vicariants. Chez l'homme, nous savons qu'elle est le fruit d'une coopération entre le cerveau cognitif et le cerveau des émotions. À partir du choix d'options possibles qu'élabore le cortex préfrontal, en lien avec les émotions – par la collaboration de l'amygdale et du cortex orbitofrontal notamment, qui attribuent une valeur à ces options –, la dynamique de vicariance permet des arbitrages.

Repenser la pédagogie et le management

« La grande école française de psychologie différentielle avait proposé la vicariance comme base de l'enseignement. Tous les cerveaux n'apprennent pas les concepts mathématiques de la même façon ! Chacun d'entre eux dispose de mécanismes qui permettent de résoudre un problème de façon différente.
Or la pédagogie est très normée. Mais certains courants privilégient la vicariance, à l'image de *La main à la pâte* lancée par Georges Charpak, qui réintroduit le corps en acte, par le contact physique avec la matière, même pour les concepts les plus abstraits. Dans le domaine du travail et du management, on impose également des processus théoriques formels complètement déconnectés de la richesse de l'individu, dans sa capacité à innover, à trouver des solutions différentes. Je collabore actuellement avec la RATP pour prendre en compte la diversité des voyageurs à travers la signalétique ou encore la conception du voyage, avec le Groupe Renault sur les critères de la confiance envers les aides à la navigation, avec EDF sur les stratégies de navigation dans les espaces complexes des centrales nucléaires. La réflexion sur la vicariance, qu'illustrent ces exemples, nécessite une coopération interdisciplinaires, associant sociologues, économistes, mathématiciens, roboticiens et neuroscientifiques, dans un esprit de fertilisation croisée. »

N'oublions pas, en ce qui concerne la décision, que tout ne se déroule pas uniquement au niveau le plus élevé dans la hiérarchie du cerveau, c'est-à-dire le cortex. Certains choix s'effectuent au niveau sous-cortical, grâce à des structures comme le colliculus supérieur. Lors d'un penalty, le gardien n'a pas le temps d'utiliser son cortex pour décider de plonger à gauche ou à droite ; certains mécanismes vicariants permettent des décisions très rapides.

En quoi le changement de perspective permet-il de trouver des solutions vicariantes à un problème ?
Dans toutes les actions quotidiennes, mais aussi dans le cadre de stratégies politiques ou d'entreprise, le fait d'envisager différentes solutions suppose de changer de point de vue, de prendre de la hauteur, de considérer la situation sous un angle nouveau.
La thèse que je soutiens et sur laquelle je travaille est que le cerveau utilise, pour cette manipulation de points de vue, des mécanismes qui sont aussi ceux utilisés pour le traitement de l'espace, ou de nos comportements dans les espaces. Les bases neurales de la cognition spatiale sont donc l'un des outils de la vicariance. Pour traiter les différents types d'espace, emboîtés, mais distincts – espace du corps, espace proche (celui de l'action), espace environnemental, espace de la ville ou espace imaginaire – nous disposons de réseaux neuronaux distincts. La capacité d'aller trouver des solutions alternatives pour naviguer dans ces espaces, se rappeler de ses trajets, sortir des embouteillages, préparer un voyage, fait donc appel à cette modularité cérébrale. De plus, nous savons que pour changer de point de vue, se mettre à la place de l'autre ou bien d'un objet, on utilise des zones spécifiques du cerveau – l'hippocampe, le cortex rétrosplénial. D'après une thèse développée récemment, ces outils de manipulation de l'espace et des points de vue interviennent également dans la prise de décisions abstraites.

Le sous-titre de votre livre est « Le cerveau créateur de mondes », et dans les dernières pages, vous évoquez l'utopie comme exemple de vicariance créatrice. N'est-ce pas la principale fonction de la vicariance ? Ouvrir le champ de possibles, aller vers l'imaginaire ?
C'est pour cela que je parle d'émerveillement.
Nous avons acquis la capacité à créer des mondes possibles, dont l'utopie est un exemple. La pièce poétique d'Ariane Mnouchkine, *Les naufragés du fol espoir*, inspirée d'un roman posthume de Jules Verne, traite des limites à la création des utopies. Quel serait le bon usage de la vicariance ? Cette capac ité à créer des scenarii du futur, aller vers l'imaginaire, prendre des décisions avec ses émotions et pas seulement la raison, est porteuse d'espoir, un espoir pour lequel je ne cesserai de me battre : réintégrer de la diversité et de la tolérance dans un monde où l'on continue de se massacrer au nom d'idéologies. Nous n'avons pas à choisir entre les lois universelles, dictées par la biologie, et la diversité : c'est de la tension entre ces deux nécessités de l'évolution que naît la création. ●

RÉFÉRENCES

- **A. Berthoz, *La Vicariance*, Odile Jacob, 2013.**
- **A. Berthoz, *La Simplexité*, Odile Jacob, 2009.**
- **A . Berthoz, *La Décision*, Odile Jacob, 2003.**
- **A. Berthoz, *Le Sens du mouvement*, Odile Jacob, 1997.**



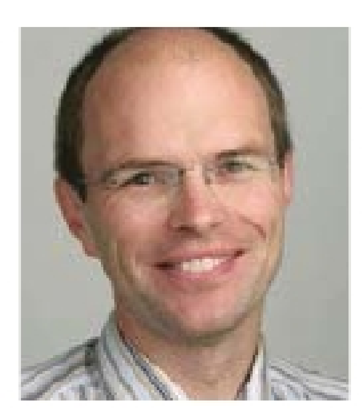
LE PRIX NOBEL PETER HIGGS RÉPOND - Tout savoir sur la particule de Dieu
LE MONDE DES
Sciences
Bimestriel - Novembre/Décembre 2013 - N°11
NewScientist
LES VOIX
DU PASSÉ
Déchiffrer les débuts
de la civilisation
> Décoder l'Histoire lointaine
grâce aux mots d'aujourd'hui
> À quel moment débute la
1ère civilisation humaine ?
LES ÉNIGMES
DU CHAT
De nouvelles études
révèlent certains
secrets de l'un des
animaux le plus
énigmatique.
M 04339 - 11 - F: 4,90 € - RD
LE MYSTÈRE DU LYUBOV
ORLOVA, LE PLUS RÉCENT
DES BATEAUX-FANTÔMES
ATTERRIR
SUR MARS
MODE D'EMPLOI



PAR MARC OLANO



NAVZER ENGINEER est chercheur à l'université de Dallas et à l'entreprise de biotechnologie MicroTransponder, États-Unis.



BERTHOLD LANGGUTH est directeur du Centre interdisciplinaire sur les acouphènes de l'université de Ratisbonne, Allemagne.

Bourdonnements, sifflements, tintements… Ces illusions sonores, qui affectent 10 à 17 % des Français, sont longtemps restées une véritable énigme scientifique. Or d'après de récentes études, l'origine des acouphènes serait cérébrale. Une découverte qui va révolutionner leur prise en charge.

La fin des ACOUPHÈNES ?

Rappelez-vous du chant des cigales en Provence. Une douce musique, qui évoque les vacances. Imaginez maintenant entendre en continu ces notes aiguës… mais sans cigales à proximité. C'est à cette expérience que l'on peut comparer le vécu d'une personne souffrant d'acouphènes. « Il peut s'agir de sons ou de bruissements de haute ou basse fréquence, mais le plus souvent dans les aigus », explique Berthold Langguth, directeur d'un centre de recherche sur les acouphènes en Allemagne. Ils peuvent être à peine audibles, mais également très forts. Dans la plupart des cas, seul le patient entend les acouphènes sans qu'une source externe puisse être identifiée. Si pendant longtemps on a pensé que ces sons étaient générés dans l'oreille interne, il est désormais établi qu'ils sont le résultat de dysfonctionnements au niveau du système nerveux central.

OLMARMAR/GETTY IMAGES

PLUSIEURS ZONES CÉRÉBRALES IMPLIQUÉES. Si son origine est cérébrale, comme on va le voir, l'acouphène reste en général lié à un problème d'audition. À la suite d'une perte auditive progressive ou d'un traumatisme sonore, certaines fréquences deviennent inaudibles. Pour compenser ces sons manquants, le cerveau va donc produire les acouphènes, perçus dans la même gamme sonore. En résumé, il crée des sons fantômes que l'oreille n'entend plus. C'est la capacité du système nerveux à se réorganiser spontanément et à s'adapter à des situations nouvelles, appelée plasticité cérébrale, qui explique en partie ce phénomène. Les techniques de neuroimagerie fonctionnelle, comme l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle ou l'électroencéphalogramme, ont permis d'explorer l'activité du cerveau lors de la perception d'acouphènes. À partir des données observées, Berthold Langguth et ses ▶

LES REPRODUIRE POUR MIEUX... LES ÉLIMINER



Une thérapie sonore peut-elle vaincre les acouphènes? C'est le pari de l'université de Heidelberg, en Allemagne, qui a mis au point une méthode innovante. Retour d'expérience avec **Heike Argstatter,** directrice de recherche au Centre allemand pour la recherche en musicothérapie d'Heidelberg.



En quoi consiste la technique de musicothérapie que vous avez développée?
Tout d'abord, nous créons pour chaque patient une copie de son acouphène à l'aide d'un générateur d'ondes (pour les sons) ou d'un logiciel (pour les bruissements). Nous nous efforçons de retrouver la fréquence et le volume exact. Puis divers exercices sont proposés: reconnaissance vocale autour des fréquences devenues inaudibles pour améliorer leur repérage, exercices dits de résonance pour masquer l'acouphène en prononçant des syllabes précises. La conséquence directe de cet entraînement est une réorganisation neuronale dans le cortex auditif. Une dernière phase, dite de déconditionnement, a pour but d'amener le patient à se relaxer et à associer ensuite l'acouphène à cet état d'esprit. L'idée étant de déconnecter l'acouphène des associations négatives et du stress. La thérapie comprend neuf séances d'environ 50 minutes et se déroule sur une semaine. Par la suite, les patients doivent continuer certains exercices pendant une durée de trois mois.

Quels résultats avez-vous obtenus?
Les huit études que nous avons menées ont montré une diminution durable des symptômes chez 80 % des patients. La thérapie que nous proposons permet d'atténuer à la fois les effets secondaires et la production des acouphènes eux-mêmes, en agissant sur les processus neuronaux qui en sont à l'origine.

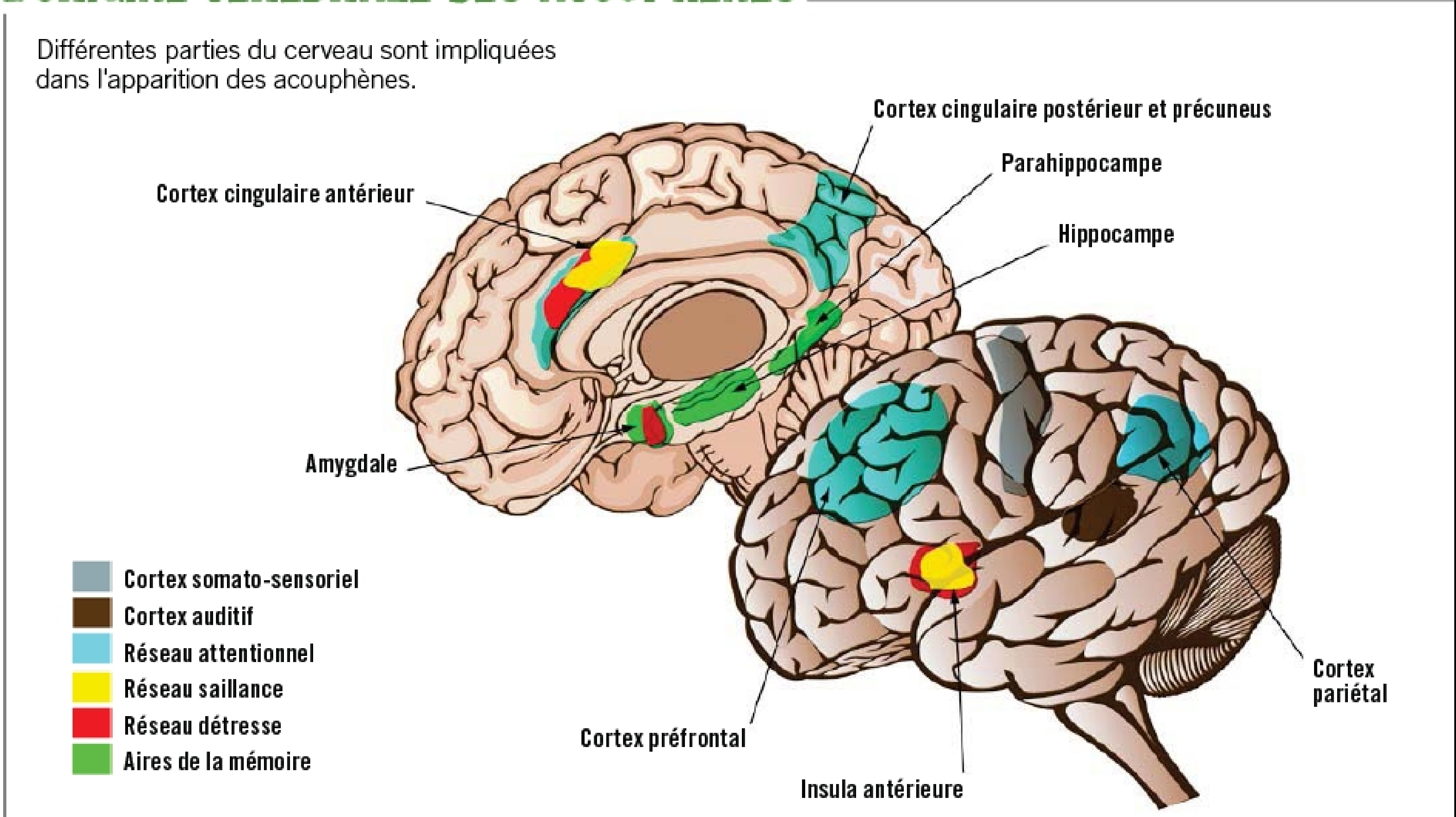
Chaque personne souffrant d'acouphènes peut-elle bénéficier de cette thérapie?
Toutes les personnes majeures concernées depuis au moins trois mois et dont l'acouphène correspond à un son ayant une fréquence définissable ou à un bruissement peuvent y participer. Seules contre-indications, le fait de souffrir d'hyperacousie ou d'autres troubles psychiques sévères. Nous souhaitons désormais élargir notre thérapie aux patients traités par implant cochléaire, ainsi qu'aux enfants et adolescents.

RÉFÉRENCE

■ **M. Grapp et coll.,** *Music therapy as an early intervention to prevent chronification of tinnitus,* **International Journal of Clinical and Experimental Medicine, août 2013.**

L'ORIGINE CÉRÉBRALE DES ACOUPHÈNES

Différentes parties du cerveau sont impliquées dans l'apparition des acouphènes.



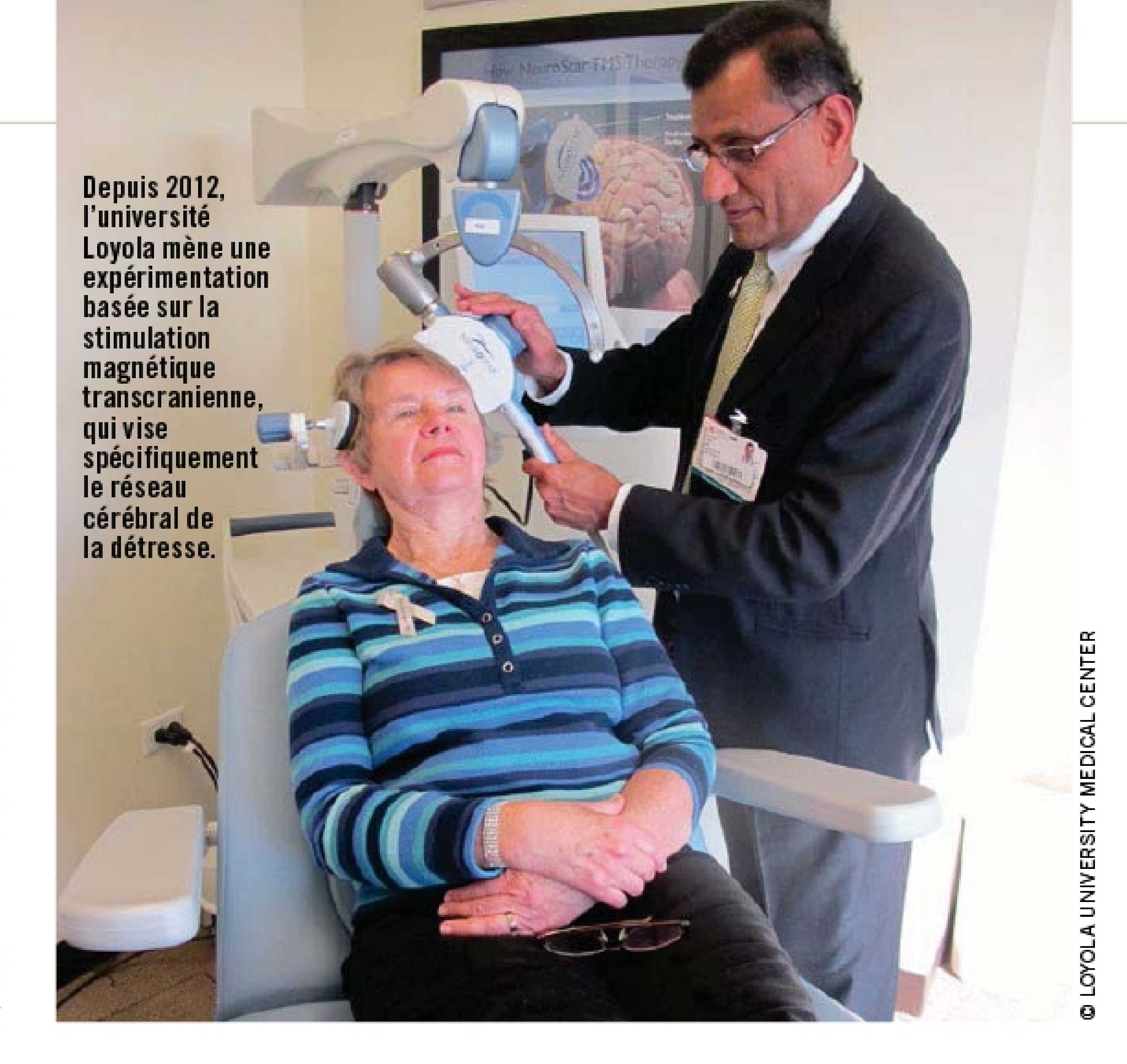
DR

collègues ont établi un modèle de l'origine des acouphènes, basé sur différents réseaux cérébraux (voir le schéma). C'est dans le cortex auditif, situé dans le lobe temporal, que l'acouphène est perçu. Mais la personne prend conscience de ce son uniquement si l'activité du cortex auditif est reliée à celle du réseau attentionnel, situé dans les régions frontales et pariétales. Ce réseau permet de repérer le son et de le distinguer d'autres perceptions. Le réseau "saillance", qu'on peut trouver aux alentours de l'insula et de la partie dorsale du cortex cingulaire antérieur, est responsable du niveau sonore perçu – qui peut être variable. Quant au réseau "détresse", situé au niveau de l'amygdale, il va induire la notion de gêne, responsable d'une sensation de désarroi plus ou moins importante. Enfin, c'est au niveau de l'hippocampe et aussi de l'amygdale que se perpétue la mémoire des acouphènes.

VIVRE AVEC DES ACOUPHÈNES. Réseaux de la perception, de la saillance, de la détresse, aires de la mémoire… Les différents éléments de ce système sont reliés entre eux. On assiste donc à des réactions en chaîne. Ainsi, un son perçu plus distinctement entraîne une trace mnésique plus importante et une détresse plus grande. Les acouphènes deviennent chroniques et d'autres troubles peuvent s'y associer, tels que l'anxiété ou la dépression.

La perception continue des acouphènes peut avoir de nombreuses répercussions sur la vie quotidienne. Troubles du sommeil, irritabilité, anxiété, stress, dépression et difficultés de concentration sont fréquents. Tout comme les perturbations somatiques, telles que vertige, mal de tête, pertes auditives, douleurs dans le cou, intolérance au bruit ou hyperacousie (hypersensibilité auditive). La survenue des acouphènes est plus fréquente chez les personnes âgées et les hommes. Une fragilité émotionnelle et un stress prolongé sont également des facteurs de risque. Les acouphènes peuvent ainsi être la conséquence de situations de guerre impliquant à la fois un stress intense et des traumatismes auditifs. Aux États-Unis par exemple, de nombreux vétérans d'Irak et d'Afghanistan souffrent aujourd'hui d'acouphènes.

> « C'est dans le cortex auditif, situé dans le lobe temporal, que l'acouphène est perçu et non dans l'oreille »



Depuis 2012, l'université Loyola mène une expérimentation basée sur la stimulation magnétique transcranienne, qui vise spécifiquement le réseau cérébral de la détresse.

© LOYOLA UNIVERSITY MEDICAL CENTER

LES LIMITES DES THÉRAPIES COGNITIVO-COMPORTEMENTALES. Les acouphènes sont-ils une fatalité ? Différents types de traitement thérapeutique ont tenté de les enrayer, avec plus ou moins de succès. Pour Berthold Langguth, « parmi les méthodes les plus efficaces à l'heure actuelle, on peut noter la thérapie cognitive et comportementale ». Cette forme de traitement vise surtout les conséquences cognitives, émotionnelles et comportementales des acouphènes. Par des mises en situation concrètes, elle cherche à modifier certaines conduites et attitudes associées aux acouphènes. Selon une récente méta-analyse, la thérapie cognitivo-comportementale permet d'améliorer la qualité de vie des patients et de diminuer l'anxiété et le stress. Mais elle ne parvient pas pour autant à diminuer l'intensité des acouphènes…

Au niveau des techniques invasives, les implants cochléaires ont donné des résultats intéressants. Ce sont des électrodes implantées au niveau de l'oreille interne dont le premier objectif est de restaurer l'audition chez les personnes souffrant de surdité. Tout en rétablissant les capacités auditives, ces prothèses ont permis de neutraliser les acouphènes dans certains cas.

ASSOCIER LES STIMULATIONS AUDITIVE ET CÉRÉBRALE. Pour étudier les acouphènes, des chercheurs ont réussi à induire artificiellement des acouphènes chez des rongeurs. Ils ont ainsi pu explorer de nouveaux traitements. Différentes techniques de stimulation auditive sont testées, dont une forme de musicothérapie qui consiste à faire écouter des sons proches de ceux perçus dans les acouphènes (voir l'interview d'Heike Argstatter). D'autres scientifiques ont essayé de masquer les acouphènes en proposant des générateurs de sons relaxants combinés à des aides auditives. Ceux-ci pouvaient diffuser des bruits de vagues, de pluie ou de cascade. Pour autant, l'espoir que ces sons reposants effacent peu à peu la perception d'acouphènes est resté vain.

D'autres recherches visent à associer stimulation auditive et stimulation cérébrale. Ainsi, une étude menée par Navzer Engineer, de l'université de Dallas, a ciblé le nerf vague. Sa technique consiste en une stimulation du nerf vague par le biais d'un appareil implanté au niveau de la poitrine. Pendant ces impulsions, le patient entend des sons précis à travers un casque. La stimulation du nerf vague libère des neurotransmetteurs tels que l'acétylcholine ou la noradrénaline, afin de favoriser la réorganisation de l'activité neuronale, la fameuse plasticité cérébrale. « En associant la libération de ces neuromédiateurs à l'écoute de ces sons, nous sommes en mesure de supprimer les acouphènes, explique Navzer Engineer. Avec cette technique, nous remettons en état les circuits neuronaux défaillants dans le cortex auditif. » Cette technique a dans un premier temps été testée avec succès chez des rats. Puis en 2012, cette expérience a été reproduite auprès de dix patients adultes souffrant d'acouphènes. Même si tous les patients n'ont pas été réceptifs à cette thérapie, plusieurs ont témoigné d'une nette diminution des acouphènes.

LA PISTE DE LA STIMULATION MAGNÉTIQUE TRANSCRANNIENNE. D'autres méthodes de stimulation cérébrale ont également montré des résultats encourageants, comme la stimulation magnétique transcranienne. Il s'agit de brèves pulsations magnétiques appliquées pendant trente à quarante minutes sur l'encéphale par l'intermédiaire d'une bobine posée sur la tête. La variation du flux magnétique produit un courant électrique qui va stimuler les cellules nerveuses. L'université Loyola, aux États-Unis, a débuté en 2012 une expérimentation visant plus particulièrement le réseau de détresse, dont l'amygdale, et donc les neurones impliqués dans la régulation de l'humeur. D'autres recherches ont plutôt ciblé le cortex auditif, ce qui a également donné des résultats intéressants.

Mais malgré ces avancées prometteuses, les scientifiques n'ont pas encore trouvé à l'heure actuelle la méthode la plus efficace pour venir à bout des acouphènes. Au grand dam de ceux qui les entendent au quotidien et dont le cerveau continue à jouer sa propre mélodie… en boucle. ●

RÉFÉRENCES

■ **B. Langguth et coll.,** *Tinnitus : causes and clinical management,* **The Lancet Neurology, septembre 2013.**

■ **D. De Ridder et coll.,** *Phantom percepts : tinnitus and pain as persisting aversive memory networks,* **PNAS, mai 2011.**

■ **N.D. Engineer et coll.,** *Reversing pathological neural activity using targeted plasticity,* **Nature, février 2011.**

■ www.microtransponder.com

■ www.france-acouphenes.org


abonnez-vous
1 an,
6 numéros
30 €
au lieu de 35,40 €
LE MAGAZINE DES NEUROSCIENCES, DE LA PSYCHOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT PERSONNEL
Le monde de l'intelligence
bimestriel – n° 31 – juillet/août 2013
www.mondeo.fr
PENSER COMME SHERLOCK HOLMES
• À chaque problème, une solution créative
• Les 4 règles de l'observation
• Testez votre quotient de rationalité
Spécial vacances
SAVOIR DORMIR
UNE CURE DE JOUVENCE COGNITIVE
✓ Maîtriser les TECHNIQUES DE SOMMEIL inspirées des sports extrêmes
✓ Fabriquer ses RÊVES
✓ Utiliser les nouvelles technologies pour MIEUX DORMIR
+ 1 CAHIER «TOUT SAVOIR» sur le sommeil
BRAIN PROJECT
DÉCRYPTER
COLLECTIONNITE PASSION
CUISINE VÉGÉTALIENNE 3 RECETTES
SCIENCES
DE LA PSYCHOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT PERSONNEL
TESTEZ VOTRE FORME D'HUMOUR
Avez-vous le rire mauvais?
MÉMOIRE ET CONCENTRATION
Optimisez votre charge mentale
LA RELIGIOSITÉ INSCRITE DANS LES GÈNES?
cerveau
OUI, je m'abonne pour 1 an, soit 6 numéros pour 30 € au lieu de 35,40 €
Je règle par chèque à l'ordre de *Mondeo publishing*.
Merci d'adresser vos abonnements - coupon ou papier libre sous enveloppe NON AFFRANCHIE - à l'adresse suivante :
LIBRE RÉPONSE 19345
94 309 VINCENNES CEDEX
Vous pouvez également régler en ligne par ***carte bancaire*** *sur notre site :* ***www.mondeo.fr*** *ou par* ***téléphone*** *au 01.75.43.40.59*
NOM
PRÉNOM
ADRESSE
CODE POSTAL
VILLE
E-MAIL
LMI33-T4-2013
Ces informations ne sont utilisées que pour les besoins de l'abonnement. Nous nous engageons à ne jamais communiquer vos coordonnées postales ou électroniques à des tiers.





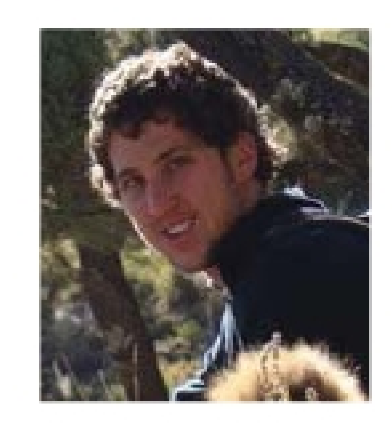
PAR CLAIRE LECOEUVRE

CES MÂLES qui s'entraident

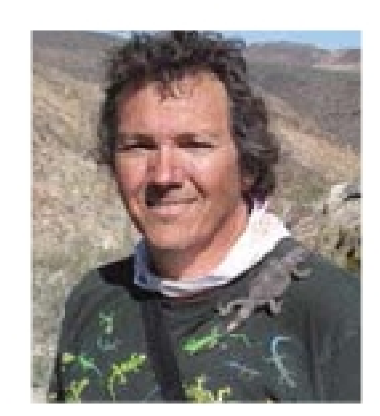
Dans la plupart des espèces animales, la compétition entre mâles semble toujours la norme lorsque l'on parle d'évolution. Les stratégies de reproduction reposeraient sur ce principe. Pourtant la coopération existe bel et bien et permet des bénéfices bien plus variés et intéressants.



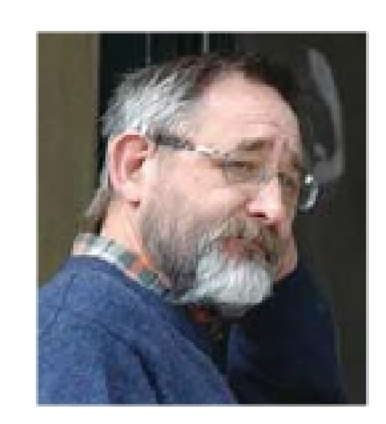
EMILY DUVAL est professeur à la faculté des sciences biologiques de l'université d'État de Floride, États-Unis.



NOAH SNYDER-MACKLER est doctorant au département de psychologie de l'université de Pennsylvanie, États-Unis.



BARRY SINERVO est directeur de laboratoire au département d'écologie et de biologie évolutionniste de l'université de Californie à Santa-Cruz, États-Unis.



JEAN CLOBERT est directeur de la station d'écologie expérimentale du CNRS, France.

S'entraider pour se reproduire ? Quelle drôle d'idée… Et pourtant, certaines espèces animales y ont trouvé des avantages. De l'évolution, on retient souvent la lutte pour la transmission de ses gènes, et donc des mâles qui usent de mille artifices pour surpasser leurs voisins. Plumes colorées, parade, cris ou simplement usage de la force. Ce serait pourtant oublier tout un autre système, celui de la coopération. Les scientifiques se sont souvent posé la question de son intérêt, suite à des observations, sans obtenir de réponse très convaincante.

SE REGROUPER POUR ATTIRER LES FEMELLES. C'est le cas avec certains animaux qui se regroupent pour chanter et attirer les femelles. Ce phénomène nommé "lek" est observé chez les amphibiens et les cigales. Pour les premiers, les femelles choisissent en priorité les individus qui entament le chant, tandis que pour les cigales, les préférés sont plutôt ceux qui s'égosillent le plus longtemps. Dans tous les cas, en étant plus nombreux, les mâles ont plus de chance d'attirer les femelles. De même que les prédateurs… Le jeu en vaut-il pour autant la chandelle ? « La question est de savoir à quel point il existe une coordination des individus – s'il en existe une, note Emily DuVal, chercheuse à l'université d'État de Floride. Dans cet exemple précis, cela pourrait plutôt être du parasitisme, car le succès reproducteur est affecté par les autres individus. »



La coopération, une question culturelle?

À bien regarder l'espèce humaine, il semble évident que la compétition n'est plus indispensable à la reproduction. Les stratégies évolutives se mêlent ainsi à des conceptions culturelles. « Chez les humains, les bénéfices sont clairement importants en coopération, note Noah Snyder-Mackler. On se dit "je n'ai pas besoin de me reproduire puisque mes frères vont le faire. C'est bon, la transmission est assurée." » Mais ceci se base sur des notions culturelles. Certains scientifiques se sont demandés si la compétition n'est pas synonyme de relations complexes et, à un certain niveau, d'une organisation culturelle. Et si oui, y aurait-il un lien entre des stratégies purement reproductives et ce système complexe? « Il n'est pas du tout impossible que des comportements coopératifs soient apparus comme une stratégie parmi tant d'autres, se soient vus favorisés d'un point de vue génétique puis que les individus aient appris à transmettre ces comportements par imitation, estime Jean Clobert. Pour les humains, les signes d'appartenance à tel ou tel groupe et l'entraide à l'intérieur de ces communautés sont régies par des codes sociaux, c'est plus culturel. »


NOAH SNYDER-MACKLER

> « Un lion solitaire a bien moins de chances de parvenir à se reproduire »

En revanche, d'autres exemples révèlent clairement des bénéfices directs. Dans les années 1990, de nombreuses études ont été réalisées sur les coalitions de lions. Des scientifiques ont par exemple suivi 200 lions du parc national du Serengeti, en Tanzanie. Ces félins s'organisent souvent par groupes de trois ou quatre pour réussir à s'approprier un groupe de femelles et s'accoupler avec elles. La plus-value est évidente : la reproduction, et donc la transmission des gènes, est assurée pour tous les membres du groupe. D'ailleurs l'étude montre qu'un mâle solitaire a bien moins de chances de se reproduire qu'un ensemble de lions. L'union fait donc bien la force.

LES MÂLES SE TRANSFORMENT EN GARDIENS. La théorie de la coopération a suivi son cours et a récemment gagné en crédit grâce à des études réalisées sur une longue période







Chez les géladas, le mâle dominant (en haut à droite) accepte les mâles bêta (à gauche) pour protéger le clan.

– une dizaine d'années. Les primates en sont un parfait exemple. Une publication de 2012 met en avant des géladas ou singes-lions *(Theropithecus gelada)* dans les montagnes du Simien, en Éthiopie. Noah Snyder-Mackler, chercheur à l'université de Pennsylvanie, a ainsi observé des groupes de femelles encadrés par un mâle alpha et plusieurs bêta. En réalité, le dominant accepte les autres mâles pour protéger le clan des prédateurs. Ces mâles subsidiaires se concentrent en général sur la protection, mais en profitent aussi pour se reproduire. « Le dominant obtient 98 % des accouplements du groupe, mais les autres ont quand même leur chance, et dès qu'une opportunité se présente, ils la saisissent », explique le chercheur. En retour, grâce aux mâles bêta, l'alpha voit la durée de sa vie s'allonger. Il peut donc propager ses gènes pendant encore plus longtemps. Chez les lémuriens, les subsides semblent obtenir plus de résultats en termes de reproduction. Une étude basée sur douze ans d'observations montre que 29 % des petits sont issus de non-dominants. De la même manière que les singes-lions, ces bêta réduisent les risques qu'a le groupe de se faire attaquer par d'autres mâles. Et plus il y a de mâles, plus ce risque diminue. Quand il est tout seul, le dominant a une probabilité de 80 % d'être attaqué. En revanche, avec au moins un bêta, le risque est réduit de moitié. Avec deux, trois et jusqu'à cinq, cette probabilité diminue jusqu'à atteindre un niveau proche de zéro.

DES ALLIANCES BASÉES SUR DES CRITÈRES PRÉCIS. Autre exemple de coopération entre mâles, chez une autre espèce : le macaque berbère *(Macaca sylvanus)*. Ces primates choisissent leurs partenaires hors de ▶

la saison de reproduction et forment des bandes qui se battent pour les femelles, de la même manière que ce qui a été vu précédemment avec les lions. Le choix des compagnons répond à des critères sociaux ainsi qu'à leur réputation, c'est-à-dire la capacité à interagir avec d'autres individus. Ici, aucun lien familial n'entre en ligne de compte. Ce n'est pas non plus le cas chez les géladas, ni les lions et cette question est très importante, car c'est un argument supplémentaire en faveur d'une organisation sélectionnée au cours de l'évolution. En effet, on pourrait penser que des mâles d'un même clan, d'une même mère se tolèrent plus facilement sans que le bénéfice reproducteur soit forcément au rendez-vous… Mais là, il s'agit réellement d'un choix de partenaires pour une tâche précise ou pour renforcer ses chances face à des femelles.

CHEZ LES OISEAUX, HIÉRARCHIE OBLIGE. Une autre organisation très bien rodée a été découverte chez une espèce d'oiseau, le manakin lancéolé *(Chiroxiphia lanceolata)*. Ce bel oiseau au dos bleu et à la tête rouge a développé un système d'approche des femelles basé sur la coopération. Sur l'île de Boca Brava, au Panama, Emily DuVal a observé pendant une dizaine d'années des duos de mâles qui réussissent à attirer l'attention des femelles. On peut voir ces petits oiseaux tropicaux qui sautent l'un autour de l'autre formant une roue vivante et multicolore. Un spectacle impressionnant. « Il y a toujours un alpha et un bêta, détaille la chercheuse. C'est le premier qui a tous les bénéfices, car pendant cinq ans il se reproduit tandis que le bêta ne copule pas du tout, sauf s'il a de la chance. En fait, les bénéfices d'un tel système existent à long terme. Après cette période de cinq ans, les dominés deviennent alpha. C'est une stratégie reproductrice alternative qui fonctionne bien. » Ces oiseaux connaissent une vie assez longue, jusqu'à dix-sept ans, et peuvent donc se permettre d'attendre autant de temps. Là encore les couples de mâles ne se font pas du tout par proximité familiale. En revanche, difficile de savoir comment les mâles se choisissent.

DES BÉNÉFICES GÉNÉTIQUES MUTUALISÉS. À encore plus long terme, Barry Sinervo et Jean Clobert ont étudié la coopération par le biais génétique. Leur centre d'intérêt ? Des lézards à flancs maculés *(Uta stansburiana)* des États-Unis, qui se retrouvent sur un même territoire, se tolèrent sans s'attaquer et s'aident même face à d'autres individus. Et ce, encore une fois sans lien de famille. « C'est une stratégie étrange, qui semble contradictoire avec les théories de l'évolution. Mais en fait non, c'est très bénéfique au long terme », explique Barry Sinervo, de l'université de Californie à Santa-Cruz. Selon les scientifiques, les lézards transmettent un ensemble de gènes similaires. Ainsi, en acceptant de laisser leur voisin se



EMILY DUVAL

Après la phase d'approche impliquant un mâle bêta, le manakin lancéolé dominant (à droite) est désormais seul pour copuler avec la femelle (à gauche).

« Toutes les grandes transitions évolutives seraient le produit de la coopération »

BARRY SINERVO



Chez les éléphants de mer, le mâle dominant (au premier plan) veille jalousement sur son harem.

reproduire, les lézards ne s'opposent pas à la transmission de leurs gènes. Ils mutualisent les bénéfices. Mais dans ce cas-là, comment un lézard peut-il savoir que tel individu possède les mêmes gènes que lui ? « Ils possèdent des signaux caractéristiques d'une empreinte génétique, explique Jean Clobert, du laboratoire d'écologie du CNRS à Paris. La couleur, l'odeur, bref l'aspect physique, sont des indices. Ces marques phénotypiques sont liées à un ensemble de gènes. Les lézards bleus, par exemple, vont se reconnaître entre eux. » Plus récemment, Barry Sinervo s'est intéressé aux éléphants de mer qui se regroupent entre mâles bêta contre l'alpha. Ici, il n'est pas question d'attaques, mais d'une autre stratégie d'approche. « Les mâles se glissent près du groupe, et selon la réaction de l'alpha, certains peuvent réussir à atteindre les femelles, explique le chercheur. Ils réussissent mieux s'ils sont nombreux. Au final, l'alpha gagne quand même toujours, car les bêta ne restent pas. »

UNE NÉCESSITÉ POUR ÉVOLUER. De telles stratégies semblent plus complexes, mais surtout obtiennent des résultats sur le long terme, ce qui laisse penser qu'elles sont plus élaborées et plus intéressantes. Pourquoi alors la coopération est-elle si peu mise en avant ? C'est qu'il est difficile de l'expliquer. Avant d'utiliser la génétique, la question des individus non apparentés a longtemps été débattue. Il était impossible de justifier pourquoi certains individus perdaient des chances de se reproduire en faveur de tel ou tel individu. La génétique a permis de valider l'existence et l'intérêt d'une stratégie de coopération au niveau évolutif. Mais il y a encore bien des débats sur les formes de cette coopération. D'autant que les études génétiques ne sont pas possibles à chaque fois. « Il est plus aisé de faire de la génétique pour des espèces comme les lézards, qui sont assez connues, ce qui n'est pas le cas pour des espèces plus évoluées ou moins faciles d'accès », précise Jean Clobert. Aujourd'hui la coopération occupe une place de plus en plus grande dans les théories sur les mécanismes évolutifs. « D'après certaines théories, toutes les grandes transitions évolutives se seraient faites par la coopération, raconte Jean Clobert. Ce serait alors un passage dans l'histoire des espèces. » Un passage obligatoire pour évoluer. ●

RÉFÉRENCES

■ E.H. DuVal, *Does cooperation increase helpers' later success as breeders? A test of the skills hypothesis in the cooperatively displaying lance-tailed manakin,* Journal of Animal Ecology, février 2013.

■ N. Snyder-Mackler, S.C. Alberts et T.J. Bergman, *Concessions of an alpha male? Cooperative defence and shared reproduction in multi-male primate groups,* Proceedings: Biological Sciences, septembre 2012.

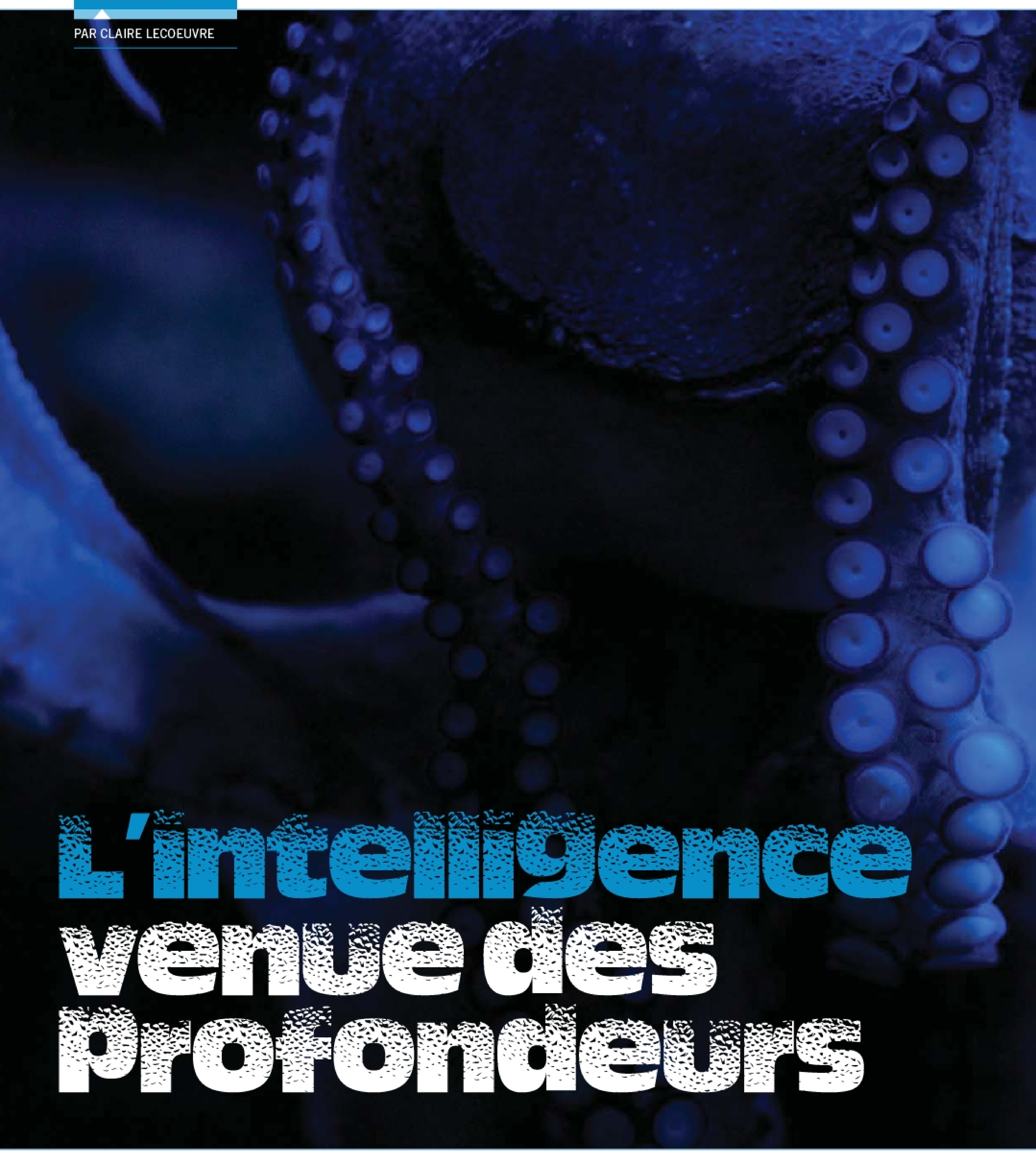
■ B. Sinervo et coll., *Self-recognition, color signals, and cycles of greenbeard mutualism and altruism,* PNAS, mai 2006.

■ B. Sinervo et J. Clobert, *Morphs, dispersal behavior, genetic similarity, and the evolution of cooperation,* Science, juin 2003.

■ M. Port, R.A. Johnstone et P.M. Kappeler, *Costs and benefits of multi-male associations in redfronted lemurs (Eulemur fulvus rufus),* Biology Letters, octobre 2010.

■ L. Kulik et coll., *Patterns of interventions and the effect of coalitions and sociality on male fitness,* Molecular Ecology, février 2012.

PAR CLAIRE LECOEUVRE



L'intelligence venue des profondeurs

JOHN WADDELL/GETTY IMAGES

Les pieuvres, seiches et calamars sont des exceptions de l'évolution : ils possèdent un système nerveux complexe et une intelligence développée. Ces céphalopodes sont donc bien plus proches de nous qu'on ne l'imagine…

Tout le monde aime jouer aux Legos®. Même les pieuvres. Elles attrapent les petits bonshommes jaunes avec leurs tentacules, les portent à la bouche, les repoussent et les récupèrent plusieurs fois d'affilée… Bref, elles s'amusent. Et le fait même qu'elles soient capables de jouer signifie une chose pour les éthologues: elles sont intelligentes.

La pieuvre fait partie, avec la seiche et le calamar, de la famille des céphalopodes dit coléoïdes. Dans un article paru récemment, Jennifer Mather, chercheuse à l'université de Lethbridge, détaille les différentes preuves de l'intelligence des espèces de ce groupe. Premier élément d'importance, elles possèdent un système nerveux complexe qui intrigue les scientifiques. Car leur cerveau possède de nombreuses similitudes avec celui des vertébrés et donc, des humains. De par son organisation spatiale déjà. « Les céphalopodes coléoïdes disposent d'un système nerveux central bilatéral, séparé en deux zones autour de l'œsophage », précise Jennifer Mather. Ces zones contiennent de nombreux ganglions regroupés en 30 à 40 lobes aux fonctions spécifiques et tous reliés entre eux par des faisceaux nerveux. Des axones et fibres géantes transmettent les influx nerveux au reste du corps. L'ensemble des lobes se trouve de plus enfermé dans une capsule cartilagineuse rappelant la structure du crâne humain. ▶



JENNIFER MATHER est chercheuse au département de psychologie de l'université de Lethbridge, Canada.



JOSEPH VITTI est thésard au Sabeti Lab de l'université Harvard, États-Unis.



LAURE BONNAUD est maître de conférences au Muséum National d'Histoire Naturelle, France.

UNE MÉMOIRE SPATIALE IMPRESSIONNANTE. L'un des éléments les plus importants pour ces animaux concerne les yeux, qui représentent 80 % du système nerveux central. C'est aussi un autre point qui rapproche les céphalopodes des vertébrés. Les lobes oculaires présentent une cornée, une rétine et un cristallin semblables à ceux de ces derniers. La vision a une importance capitale pour ces céphalopodes qui explorent sans cesse leur environnement.

« Les pieuvres savent où elles sont et s'en souviennent, détaille Jennifer Mather. Lors d'une expérience, nous avons transporté des pieuvres vers une zone contenant de nombreux crabes. Une fois que l'animal a dévoré tous les crabes, il est recapturé. Le lendemain, nous le reposons au même endroit, mais il n'y a plus de crabe puisqu'il a tout mangé la veille. La pieuvre arrive à se repérer et se remémorer qu'elle est déjà venue là et a déjà mangé ce qui était disponible. Elle quitte alors la zone, en quête de nouvelles proies ». Les pieuvres ont donc développé une impressionnante aptitude de reconnaissance spatiale. Cela signifie qu'elles possèdent une mémoire. À laquelle elles adjoignent l'apprentissage.

OBSERVER ET APPRENDRE. Dans une expérience menée il y a quelques années par l'équipe de Lauren Hvorecny, du département de biologie de l'université Millersville, une seiche est placée dans un labyrinthe avec plusieurs sorties. La première fois, elle teste plusieurs possibilités avant de réussir à sortir. Elle est entraînée pour aller de plus en plus vite. Puis, on laisse, de l'autre côté d'une vitre, une nouvelle seiche qui observe la première traverser le labyrinthe avant d'être installée, à son tour, à l'entrée du dédale. Cette dernière réussit en un clin d'œil à sortir, répétant la technique employée par son modèle. Cette méthode révèle la capacité de la seiche à faire des liens entre le comportement d'un congénère et la résolution d'un problème inconnu jusque-là. Des pieuvres ont également été testées par la même équipe et ont obtenu les mêmes résultats. D'autres essais ont été réalisés et réussis de la même manière avec des boîtes contenant un crabe et fermées par plusieurs verrous.

L'intelligence de ces espèces ne s'arrête pas là. Elles savent aussi utiliser des outils. On découvre ainsi, dans une étude publiée en 2009, des pieuvres qui récupèrent à la surface de l'eau une coque de noix de coco et s'en servent pour se cacher. Selon Joseph Vitti, thésard au Sabeti Lab de l'université Harvard, « cela démontre une intelligence générale. La pieuvre n'a pas pu savoir instinctivement que la coque pourrait servir de protection. Elle a dû le découvrir par une forme de raisonnement, d'observation ou d'expérimentation ». De son côté, Jennifer Mather rapporte l'observation de seiches mâles qui se comportent comme des femelles et modifient l'aspect de leur corps – par exemple, en changeant de couleur. Des travestis ? Pas du tout, ces mâles se camouflent ainsi pour pouvoir approcher et s'accoupler avec des femelles déjà gardées par des rivaux. Succès garanti. Un comportement qui pourrait porter à rire, mais qui démontre la mise en œuvre de stratégies élaborées.

UNE INTELLIGENCE VENUE DE L'ADAPTATION AU MILIEU. Alors que ces observations s'accumulent, une question intrigue toujours autant les scientifiques : comment des individus pourtant si proches des mollusques, qui n'ont rien à voir avec les vertébrés, ont-ils pu développer de telles facultés ? Étudier cette thématique revient à tenter de comprendre la formation d'une "autre" intelligence. « L'ancêtre commun aux céphalopodes et aux vertébrés remonte à environ 600 millions d'années. Et cela

Des animaux doués de conscience ?

Jennifer Mather étudie les pieuvres et les seiches depuis plus de 25 ans. Ses recherches scientifiques l'ont incitée à travailler sur leur apprentissage, leur observation, leur repérage spatial, leur mémoire… Selon elle, les céphalopodes possèdent une conscience simple. Ils sont capables de comprendre le mécanisme d'un cadenas, ou de mémoriser des informations utiles pour opérer des choix entre plusieurs options – par exemple, pour distinguer plusieurs aliments similaires. Ces animaux étonnants démontrent également une capacité et une flexibilité d'apprentissage, et ils ont conscience de leur corps dans leur environnement. La communauté scientifique semble abonder dans le sens de Jennifer Mather. En juillet 2002, plusieurs scientifiques signent la Déclaration de Cambridge sur la conscience, dans laquelle ils incluent les céphalopodes parmi les animaux possédant un système neuronal générant une forme de conscience.



DR

Les pieuvres utilisent des noix de coco pour se cacher.



La seiche possède des cellules pigmentaires qui réfléchissent la lumière.

PURESTOCK/GETTY IAMGES

devait être, un micro-organisme rudimentaire » s'exclame Joseph Vitti. Pour comprendre cette évolution, Laure Bonnaud, maître de conférences au Muséum national d'Histoire naturelle, étudie les gènes impliqués dans le développement de la seiche. Et découverte étonnante, certains gènes n'ont pas la même fonction pour les vertébrés que pour la seiche. Par exemple, le gène SHH (*Sonic Hedgehog*) est impliqué chez les vertébrés dans l'organisation du cerveau, tandis que chez la seiche, il permet la mise en place de cordons nerveux dans les bras. Cette différence signifie que le rôle d'un gène n'est pas dédié uniquement à un type d'organe spécifique.

Au cours de l'évolution, le corps des céphalopodes s'est adapté à tous les niveaux. Comme l'explique Joseph Vitti dans une étude publiée en 2012, la transformation de ce groupe serait directement liée à la perte de la coquille des amniotes, qui leur servait à flotter et à se déplacer. Cette disparition aurait obligé pieuvres, calamars et seiches à renforcer leur mobilité et leur agilité pour compenser. C'est ce qui aurait contribué à la formation de cet œil si performant et de stratégies pour se protéger de prédateurs. Conséquence directe, « ces individus ont une capacité de camouflage bien plus impressionnante que le caméléon », comme le précise Laure Bonnaud.

> « Les pieuvres et les seiches disposent de capacités d'imitation rapides et extrêmement précises »

DES IMITATEURS HORS PAIR. Les pieuvres et les seiches disposent ainsi de capacités d'imitation rapide et extrêmement précise. Sur leur peau sont disséminés, selon l'espèce, de 8 à 230 chromatophores par mm² – des cellules pigmentaires qui réfléchissent la lumière. Celles-ci sont contrôlées directement par le cerveau lorsque les lobes optiques sont stimulés. Un influx nerveux contracte ou relâche les sacs de pigments à l'intérieur des chromatophores, ce qui modifie leur opacité et leur luminescence. Jennifer Mather rapporte une réaction de l'échelle de la milliseconde. Ces espèces reproduisent des motifs complexes et même totalement nouveaux pour elles. Les transformations des pieuvres révèlent des stratégies choisies de prédation comme de protection. La pieuvre-mime d'Indonésie (*Thaumoctopus mimicus*) peut, par exemple, se camoufler au gré des besoins en serpent de mer, rascasse volante, seiche ou sole…

Cette adaptation très spécifique a pu être mise en place grâce à leur organisation cérébrale. Le réseau neuronal des céphalopodes coléoïdes, qui sous-tend leur intelligence, est bien similaire à celui des vertébrés. Si loin, si proches de nous, les céphalopodes ont encore des réponses à nous apporter quant à la formation de l'intelligence. ●

RÉFÉRENCES

- J. A. Mather et M.J. Kuba, *The cephalopod specialties: complex nervous system, learning, and cognition,* Revue canadienne de zoologie, juin 2013.
- J.J. Vitti, *Cephalopod cognition in an evolutionary context: implications for ethology,* Biosemiotics, mars 2013.
- J.K. Finn, T. Tregenza et M.D. Norman, *Defensive tool use in a coconut-carrying octopus,* Current Biology, décembre 2009.
- L. M. Hvorecny et coll., *Octopuses (Octopus bimaculoides) and cuttlefishes (Sepia pharaonis, S. officinalis) can conditionally discriminaten,* Animal Cognition, octobre 2007.
- M. J. Kuba et coll., *When do Octopuses play ? Effect of repeated testing, object type, age, and food deprivation on object play in Octopus vulgaris,* Journal of Comparative Psychology, août 2006.
- J. A. Mather, *Cephalopod consciousness: behavioural evidence,* Consciousness and Cognition, mars 2008.
- M.D. Norman, J. Finn et T. Tregenza, *Female impersonation as an alternative reproductive strategy in giant cuttlefish,* Proceedings of the Royal Society B, juillet 1999.





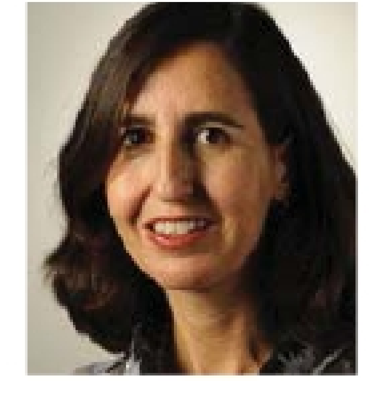
PAR NOLWENN LE JANNIC

COMMENT FAIRE MANGER DES LÉGUMES VERTS AUX ENFANTS ?

« Mange tes haricots ! » Ce genre d'injonction suffit rarement à ce que les enfants finissent leur assiette… Les scientifiques tentent donc de savoir comment motiver les plus jeunes à manger et à aimer fruits et légumes.



SARAH GRIPSHOVER est doctorante au département de psychologie de l'université Stanford, États-Unis.



NICOLETTA DIASIO est directrice du laboratoire Cultures et Sociétés du CNRS – université de Strasbourg, France.

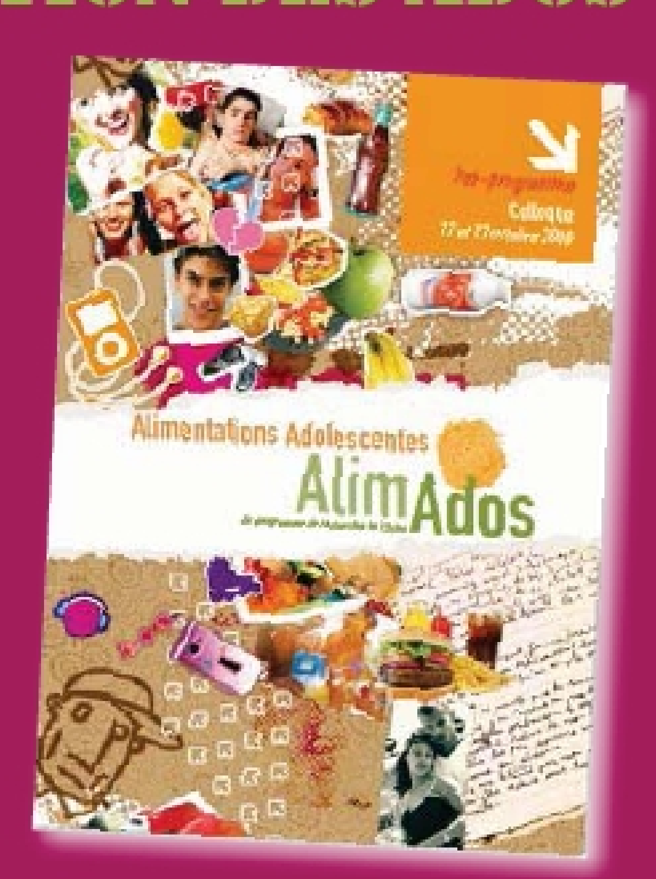
D.ANSCHUTZ/GETTY IMAGES

À l'oreille de tous les parents, l'injonction des "cinq fruits et légumes par jour" sonne comme un défi ! Menaces, punitions, promesses de récompense, pédagogie, chacun y va de sa propre méthode et observe de manière empirique ce qui semble fonctionner… ou pas. Heureusement pour les jeunes pères et mères, les sciences cognitives ont décidé de s'intéresser à la question.

LES EFFETS CONTRASTÉS DE LA RÉCOMPENSE. Parmi les stratégies les plus fréquemment mises en place, se trouve notamment la fameuse carotte… pour faire manger les légumes. Mais la récompense est-elle vraiment un système efficace ? Les différentes études sur le sujet peinent à se mettre d'accord. La synthèse sur le sujet publié il y a quelques années par Mark Lepper, professeur de psychologie à Stanford, révèle ainsi que la récompense ne fait que diminuer la motivation propre à l'enfant. Mais une étude publiée en 2010 semble aboutir au résultat opposé. Les chercheurs ▶

ALIMADOS : MIEUX COMPRENDRE LA NUTRITION DES ADOS

"Ado = malbouffe". C'est pour tenter de savoir si cette idée, souvent reprise par les adultes, est justifiée que le programme AlimAdos a été mis en place par l'Observatoire CNIEL des Habitudes Alimentaires entre 2008 et 2011. « Nous avons observé en situation réelle 1 500 jeunes de 12 à 19 ans, pour savoir comment ils se nourrissent en fonction de leurs différents environnements, retrace Nicoletta Diasio, directrice du laboratoire Cultures et Sociétés en Europe du CNRS. Et nous nous sommes aperçus que la malbouffe ne constitue qu'une petite partie de ce que mangent les adolescents. Il y a au contraire une certaine tenue du repas familial. »
Côté équilibre alimentaire, l'étude révèle là encore des résultats optimistes. « Les ados qui refusent les légumes à la cantine le font parce que devant leurs copains, ils ne veulent pas manger quelque chose qui n'est pas "à la mode", poursuit la chercheuse. Mais cela ne les empêche pas d'en manger à la maison et c'est pourquoi il est important que les parents continuent à leur en proposer. » Enfin, pour mieux faire passer les légumes auprès des jeunes, le secret résiderait dans l'aspect encore plus que dans le goût : « Ils accordent une grande importance à la manière dont les légumes sont présentés. Il faut que les formes soient reconnaissables, faciles à manger, qu'il n'y ait rien de "gluant". Ils refusent également en général tout ce qui sent fort, par peur de s'imprégner de l'odeur, et ont une prédilection pour le croustillant. » Avis aux concepteurs de menus…



du département d'épidémiologie et de santé publique de l'University College de Londres ont ainsi proposé douze fois, à plusieurs centaines d'enfants âgés de 4 à 6 ans, un légume que ceux-ci n'aiment pas au départ.

À chaque essai, certains enfants obtiennent une vignette en récompense pour avoir goûté le légume, d'autres un compliment tandis que les derniers ne reçoivent aucun renforcement. La quantité de légumes consommée et le goût de l'enfant pour ce légume sont ensuite évalués après les douze repas, puis un mois plus tard et enfin trois mois plus tard – alors que les récompenses n'étaient plus distribuées. Résultat ? Le simple fait de se voir proposer un légume à plusieurs reprises conduit à une amélioration de l'appréciation du légume et à une augmentation immédiate de la quantité ingérée, avec ou sans récompense. En revanche, les effets sur la consommation disparaissent lors du test à trois mois chez les enfants n'ayant pas été récompensés du tout, mais se maintiennent dans les deux autres groupes. Les chercheurs soulignent que les compliments semblent fonctionner aussi bien que la récompense sous forme de vignette… ce qui peut s'avérer très pratique dans un contexte familial par exemple !

> « Donner aux légumes des noms attractifs permettrait d'augmenter la quantité consommée »

LA NUTRITION, BIENTÔT DANS LES PROGRAMMES SCOLAIRES ? Un autre système, qui semble encore plus efficace, vient de faire ses preuves : celui de l'éducation, dépassant le "c'est bon pour toi", qui peut avoir des effets contre-productifs. « De nombreuses découvertes en sciences cognitives ces dernières années ont révélé que les enfants sont capables de baser leur réflexion et leur comportement sur des théories, explique Sarah Gripshover, l'une des scientifiques de l'université Stanford impliquées dans l'étude. Nous avons donc décidé de voir si, en leur donnant de bonnes notions de nutrition, nous pouvons influencer leur comportement alimentaire. »

Les chercheuses ont donc commencé par interroger 160 enfants de 4-5 ans pour évaluer ce qu'ils savent à propos de la nourriture : ceux-ci comprennent que la nourriture est indispensable, qu'elle aide à grandir, passe dans l'estomac puis ressort. S'appuyant sur ces éléments, elles ont



D.ANSCHUTZ/GETTY IMAGES

imaginé cinq histoires expliquant les bases de la nutrition : les aliments contiennent des choses invisibles, appelées les nutriments, qui sont indispensables pour vivre et grandir ; c'est l'estomac qui digère la nourriture, puis le sang qui transporte les nutriments dans le corps… Puis ces histoires ont été lues pendant trois mois, plusieurs fois par semaine au moment du goûter, à certains groupes d'enfants. À la fin de l'expérience, les scientifiques ont de nouveau interrogé les enfants et se sont aperçues qu'ils ont, comme espéré, compris comment le corps utilisait la nourriture.

Mais le plus surprenant et le plus utile, c'est que ces nouvelles connaissances ont modifié le comportement alimentaire des enfants ! En effet, ceux qui ont écouté les histoires ont plus que doublé leur consommation volontaire de fruits et légumes lors du goûter alors que ceux qui n'ont pas entendu ces histoires n'ont rien changé à leurs choix alimentaires. Reste cependant à savoir si cette bonne habitude qui s'est instaurée d'elle-même est reproduite par les enfants en dehors du goûter et si elle perdurera à long terme. « Nous allons donc faire des tests à plus grande échelle pour confirmer ces résultats, prévoit Sarah Gripshover. Nous souhaitons également tester la combinaison de cette approche avec d'autres approches comportementales, comme la mise en avant des aliments sains sur les présentoirs des cantines. »

AU MENU, DES POWER PUNCH BROCOLIS.
Si une récompense bien dosée et une éducation aux bénéfices de la nutrition ne suffisent pas, une autre astuce permettrait d'inciter les enfants à opter pour les légumes. D'après une étude publiée l'an dernier par des chercheurs de l'université Cornell, donner aux légumes des noms attractifs permettrait d'augmenter la quantité de légumes consommée par les enfants. Ainsi, les enfants qui ont pris des carottes rebaptisées "X-ray Vision Carrots" en ont mangé les deux tiers, contre 35 % pour les enfants qui ont choisi de banales carottes sans nom particulier.

Et en introduisant au menu des "Power Punch Brocoli" et autres légumes au nom farfelu, les chercheurs ont remarqué que la proportion d'élèves optant pour un plat chaud de légumes au cours du dernier mois a augmenté de 100 %. Un peu d'imagination, un bout de papier et un crayon pour faire une étiquette, et voilà peut-être l'une des nouvelles armes de lutte contre l'obésité prête à fonctionner ! Il faut dire que toutes les méthodes sont bonnes à prendre tant l'enjeu est important : alors que les États-Unis ont longtemps été mis à l'index pour la proportion d'enfants en surpoids, la France n'est plus épargnée. D'après l'Institut national de prévention et d'éducation pour la santé (INPES), l'obésité et le surpoids concernaient respectivement 3,5 % et 4,5 % des enfants en 2012, soit deux fois plus qu'il y a dix ans. ●

RÉFÉRENCES

■ **J. Henderlong et M.R. Lepper,** *The effects of praise on children's intrinsic motivation : a review and synthesis,* **Psychological Bulletin, septembre 2002.**

■ **L.J. Cooke et coll.,** *Eating for pleasure or profit : the effect of incentives on children's enjoyment of vegetables,* **Psychological Science, février 2011.**

■ **S.J. Gripshover et E.M. Markman,** *Teaching young children a theory of nutrition : conceptual change and the potential for increased vegetable consumption,* **Psychological Science, juin 2013.**

■ **B. Wansink et coll.,** *Attractive names sustain increased vegetable intake in schools,* **Preventive Medicine, octobre 2012.**



Pourquoi on pourrait quitter Facebook

PAR JULIE PAYSANT

JOEL-T/GETTY IMAGES

Jusqu'à présent aucun réseau social n'a connu un tel succès : plus d'un milliard d'utilisateurs ! Malgré cet engouement planétaire, tout n'est pas si rose au pays de Facebook : jalousie, anxiété, frustration et insatisfaction… D'après les premières études sur le sujet, être présent et actif sur le célèbre réseau n'est pas sans risque pour sa vie de couple et son bien-être.



STEFAN STIEGER est chercheur en psychologie à l'université de Vienne, Autriche.



AMY MUISE est chercheuse en psychologie à l'université de Guelph, Canada.



BEN MARDER est doctorant en marketing à la Business School de l'université d'Édimbourg, Royaume-Uni.

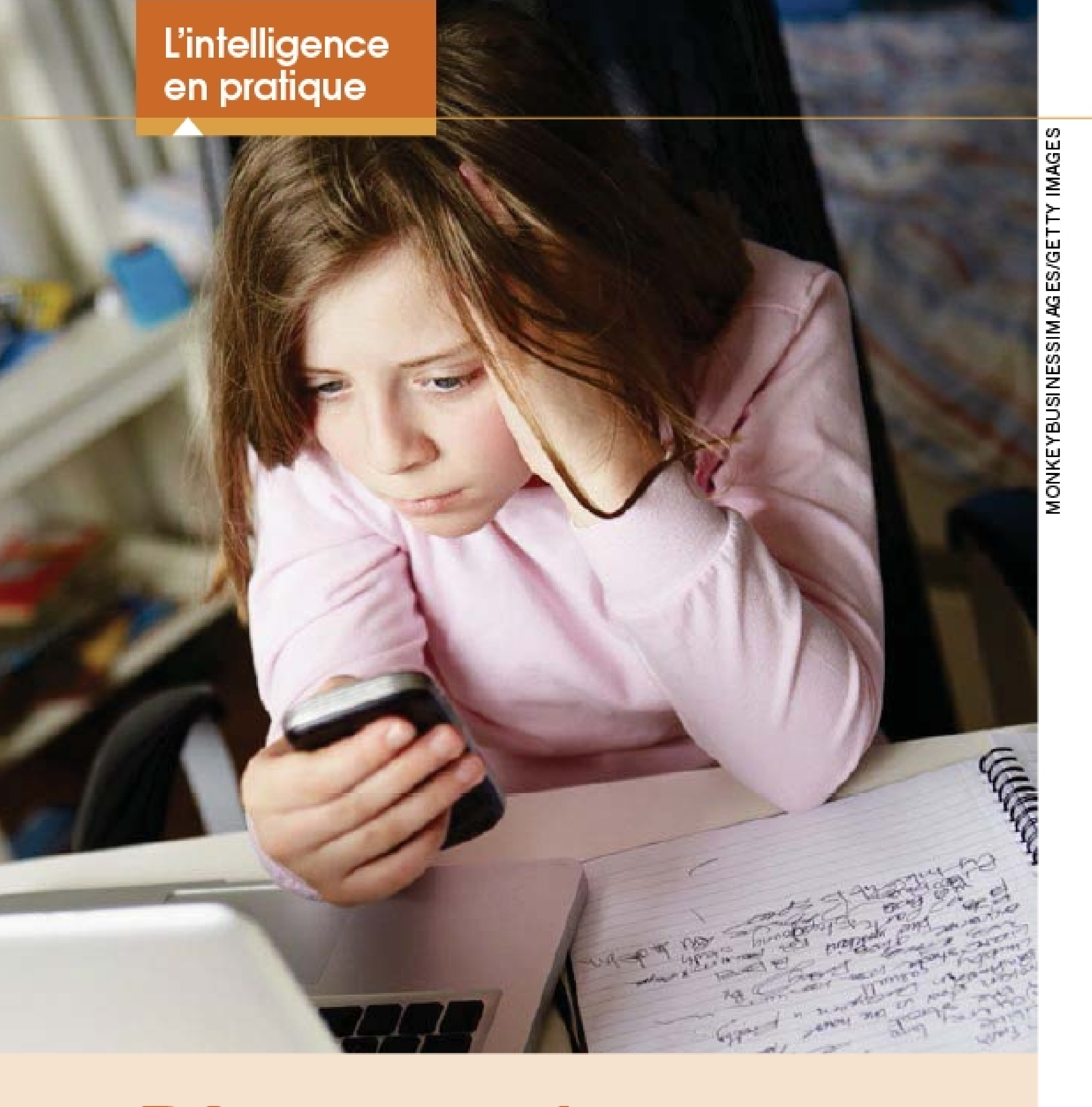


THOMAS W. VALENTE est professeur en médecine préventive à l'école de médecine de l'université de Los Angeles, États-Unis.

Lancés en 2008, les sites internet Seppukoo ou Suicide Machine partagent la même ambition : vous accompagner vers votre "mort" virtuelle. Quel est le profil type des kamikazes du web, et surtout, quels motifs les incitent à renoncer à toute présence sur les réseaux sociaux ? D'après des chercheurs autrichiens, ils se révèlent plutôt prudents quant à la divulgation d'informations relevant de leur vie privée. Ils sont également conscients de leur addiction à Facebook. La moitié d'entre eux mentionnent, comme raison principale de leur suicide virtuel, le manque de confidentialité de leurs données.

Les autres raisons mises en avant ? Le réseautage sur le web facilite la jalousie et la suspicion dans les relations romantiques, ou encore influence les recruteurs dans l'évaluation des candidats à un poste. Dans certains cas, les réseaux sociaux constitueraient un nouveau canal pour le harcèlement moral. « La prochaine étape concernera l'analyse de la manière dont se sentent les démissionnaires de Facebook, précise Stefan Stieger, chercheur en psychologie à l'université de Vienne. Comment ont-ils réussi à pallier à cette suppression ? Sont-ils passés à l'utilisation d'un autre réseau social ? »

NÉFASTE POUR LES COUPLES ? D'un point de vue relationnel, plusieurs études démontrent que l'utilisation de Facebook peut nuire aux relations amoureuses. Et même, dans certains cas de figure, provoquer la séparation. Communiquer sur les réseaux inciterait certains utilisateurs aux mensonges, tricheries et autres coups bas. D'après les travaux de Russell Clayton, doctorant à l'école de journalisme du Missouri, les utilisateurs excessifs sont susceptibles de connaître des conflits au sein de leur couple nouvellement formé. Afin de se prémunir de ce type de tension, les chercheurs recommandent aux partenaires romantiques précoces, c'est-à-dire engagés dans une relation ▶


MONKEYBUSINESSIMAGES/GETTY IMAGES

amoureuse de moins de trois ans, de limiter leur temps passé sur la toile.

Cependant, comme le souligne Russell Clayton, « de nouveaux sites de réseautage social ont été développés pour les relations interpersonnelles et en particulier les couples. Je pense par exemple à l'application 2life sur smartphone. » Un nouveau moyen pour échanger sur les réseaux sociaux… mais à deux.

DU RESSENTIMENT À LA JALOUSIE. Deux études menées par l'équipe d'Amy Muise, chercheuse en psychologie de l'université de Guelph en Ontario, révèlent les liens entre l'utilisation du réseau social et les scènes de jalousie au sein du couple. Différentes causes entrent en ligne de compte. Tout d'abord, le temps passé sur le réseau social est lui-même un prétexte à la jalousie. On entendra dire : « Suis-je moins intéressant que tes amis en ligne ? ». De plus, en scrutant le mur Facebook de son ou sa partenaire, l'individu relève progressivement des informations soutenant sa jalousie, par exemple des commentaires ambigus. Les informations postées sur les profils des utilisateurs sont souvent décontextualisées et ce manque de mise en perspective est propice à de mauvaises interprétations.

Sommes-nous tous concernés par ces accès de jalousie ? Apparemment non. Les femmes seraient davantage tentées de surveiller les activités en ligne de leur partenaire. Ainsi, si les hommes se montrent peu jaloux à l'égard des contacts – qui leur sont inconnus – de leur conjointe, les femmes au contraire vont passer davantage de temps à rechercher des informations sur les "amis" de leur partenaire. Cette différence de sensibilité s'expliquerait par l'éducation individuelle. Le fait d'être élevé dans un environnement marqué par l'attachement anxieux serait un facteur en jeu dans "l'espionnage on-line". Comme le souligne Amy Muise, « compte tenu de l'utilisation généralisée des médias sociaux et afin de protéger leur couple, les partenaires doivent se mettre d'accord sur ce qu'ils veulent partager, sur ce qui relève à leurs yeux de la vie privée ».

CULTIVER L'INSATISFACTION EN PERMANENCE. On le voit, le réseautage en ligne peut être source de conflits dans nos relations amoureuses. Mais ces facettes négatives ne se limitent pas aux relations interpersonnelles : notre bien-être psychologique serait également concerné. Une étude menée par des chercheurs allemands en management de l'information souligne ainsi la récurrence du sentiment de frustration chez les utilisateurs de réseaux sociaux. Après la consul-

Réseaux sociaux : des ados sous influence

Les réseaux sociaux sont devenus un mode de communication très populaire chez les adolescents. Pour preuve, 16 % des utilisateurs ont entre treize et dix-sept ans. Les travaux de Thomas Valente, de l'école de médecine de l'université de Los Angeles, ont mis en évidence l'influence négative des réseaux sociaux comme Facebook ou Myspace sur le comportement de certains adolescents, en étudiant 1 560 jeunes âgés de quinze et seize ans. L'affichage en ligne de leur consommation d'alcool ou de tabac n'est pas sans conséquences. « Nous observons une substitution au niveau des comportements, souligne le chercheur. Les lycéens ayant des fréquentations abstinentes dans la réalité vont se tourner vers leurs amis en ligne pour recueillir des indices sur d'autres comportements. » Et donc risquent de passer à l'acte plus facilement.
34 % des adolescents ont au moins une fréquentation qui poste des commentaires en relation avec l'alcool. Et 20 % sont confrontés à des photographies de soirées faisant la promotion de la consommation d'alcool. Les chercheurs ont cependant observé que cette influence négative est indépendante du nombre d'amis et de l'assiduité à fréquenter le réseau social. Comment limiter ce "mécanisme d'influence online" ? « Les community managers pourraient ajouter des avertissements ou précautions d'usage lorsqu'une photo présente de l'alcool ou des cigarettes », propose Thomas Valente.

RÉFÉRENCE

■ **G.C. Huang et coll.,** *Peer influences: the impact of online and offline friendship networks on adolescent smoking and alcohol use,* **Journal of Adolescent Health, septembre 2013 (pré-publication en ligne).**



KONSTANTYNOV/GETTY IMAGES

> « Les femmes seraient davantage tentées de surveiller les activités de leur partenaire sur le web »

tation de Facebook, 23 % d'entre eux sont déçus du contenu informationnel du réseau : les données ou renseignements sont jugés redondants, inintéressants ou encore trop pessimistes. Mais la frustration s'exprime également à un niveau plus intime : 30 % des individus ressentent de la jalousie, 20 % un manque d'attention, et 10 % un sentiment d'isolement.

Ainsi, la consultation des publications des amis sur les réseaux serait source d'envie. Photos de vacances et de fêtes, commentaires sur des interactions sociales bénéfiques, évocation de succès personnels ou privés… Chacun a en effet tendance à privilégier le meilleur dans les informations partagées avec ses contacts. D'où un risque, pour ces derniers, d'être renvoyés à un sentiment de comparaison permanente, source de frustration et d'insatisfaction. Pour les chercheurs, tout se passe comme si les utilisateurs de Facebook étaient positionnés dans une spirale d'envie.

UNE SOURCE D'ANXIÉTÉ SUPPLÉMENTAIRE. L'un des problèmes souvent évoqués dans le partage d'informations sur les réseaux sociaux est l'audience multiple. L'ensemble de nos contacts en ligne sur Facebook appartient à des sphères sociales très différentes. Ces contacts sont de vrais amis, de la famille, des ex-partenaires, des collègues de travail, des connaissances et bien d'autres. Cette diversité n'est pas toujours facile à gérer… Des utilisateurs de Facebook peuvent souffrir d'anxiété sociale, car ils craignent que certaines de leurs publications altèrent leur image auprès de certaines catégories de contacts.

Ben Marder, chercheur en marketing à l'université d'Édimbourg, a relevé en moyenne sept sphères sociales différentes. Or les deux tiers des utilisateurs de Facebook n'utilisent pas l'option des paramètres de confidentialité personnalisés. Ils auraient donc tendance à développer une certaine angoisse sociale. Comment pallier à ce stress inutile ? « Facebook devrait rendre la fonction de regroupement de contacts plus intuitive, en utilisant des méthodes de prévisualisation par exemple, propose le chercheur. Cependant, il s'agit d'un outil de partage d'informations intéressantes, et si tous les utilisateurs privilégient des échanges privés, le site aura par conséquent moins d'audience. » Si d'autres études sont en cours sur les potentielles conséquences négatives du recours à Facebook, ces premiers résultats indiquent les limites des réseaux sociaux : un nouvel outil de communication fourni sans mode d'emploi… ●

RÉFÉRENCES

■ **S. Stieger et coll.,** *Who commits virtual identity suicide? (…),* **CyberPsychology, Behavior, and Social Networking, septembre 2013.**

■ **H. Krasnova et H. Wenninger,** *Envy on Facebook: a hidden threat to user's life satisfaction?* **11th international conference of Wirtschaftsinformatik, Leipzig (Germany), mars 2013.**

■ **A. Muise, E. Christofides et S. Desmarais,** *"Creeping" or just information seeking? (…),* **Personal Relationships, juillet 2013 (pré-publication en ligne).**

■ **A. Muise, E. Christofides et S. Desmarais,** *More information than you ever wanted: does Facebook bring out the green-eyed monster of jealousy?* **Cyberpsychology & Behavior, août 2009.**

■ **B. Marder, A. Joinson et A. Shankar,** *Every post you make, every pic you take, I'll be watching you (…),* **45th Hawaii International Conference on System Science, janvier 2012.**

■ **R.B. Clayton, A. Nagurney et J.R. Smith,** *Cheating, breakup, and divorce: Is Facebook use to blame?* **Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking, juin 2013.**

PAR GILLES MARCHAND

Riche en acides gras saturés et en sucres, la malbouffe est le plaisir coupable par excellence, auquel nous sommes nombreux à succomber à l'occasion. Aucun problème, à condition de ne pas en abuser… On connaît déjà les effets néfastes d'un abus de *junk food* sur la santé. D'après de nouvelles études, le cerveau serait également concerné, et ceci dès le plus jeune âge.



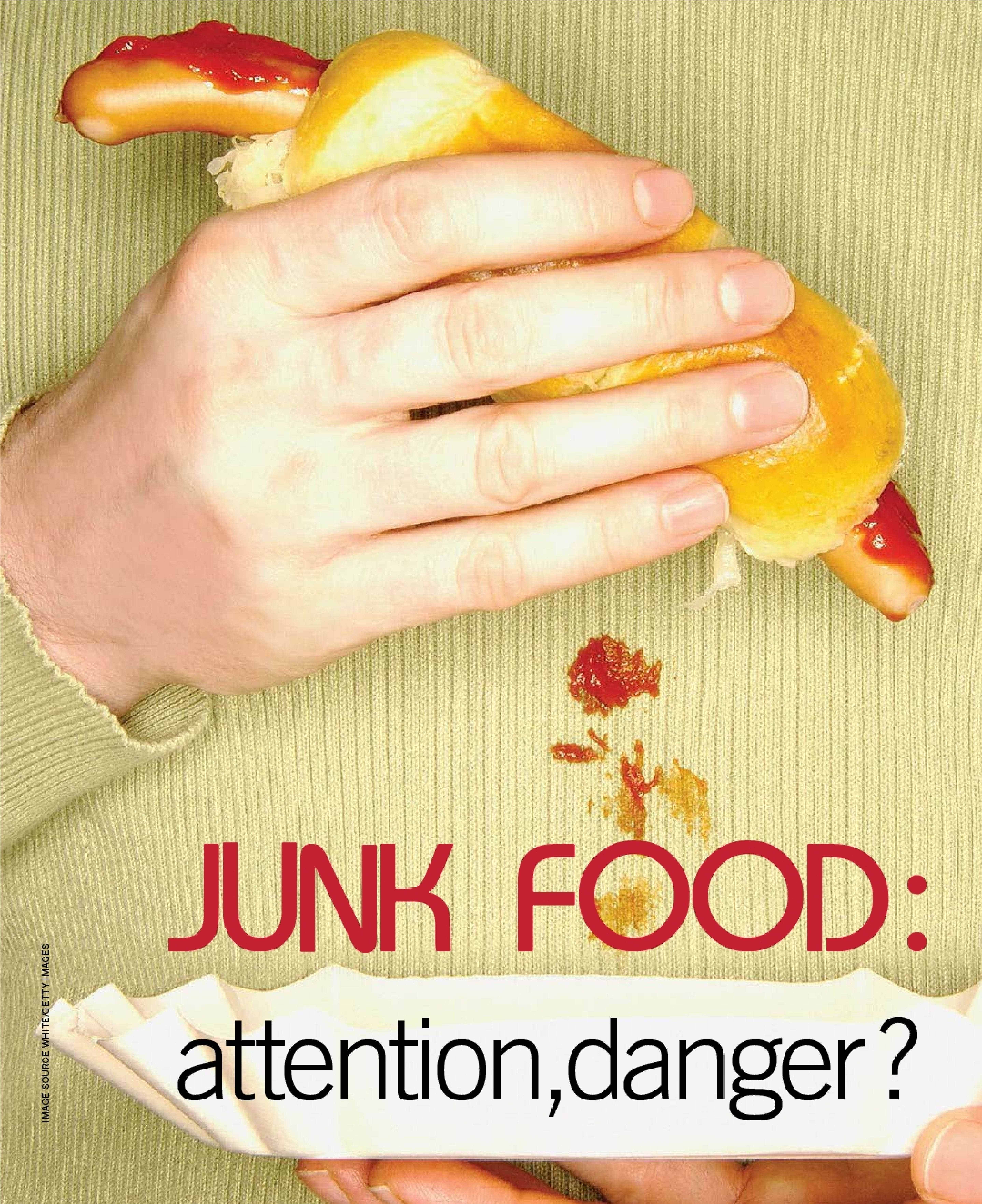
LISA SMITHERS est chercheuse en nutrition au département de santé publique de l'université d'Adélaïde, Australie.



ANU RUUSUNEN est chercheuse en épidémiologie nutritionnelle à l'université de l'est de la Finlande, Finlande.

Toute la presse, c'est le cas de le dire, vient d'en faire ses choux gras. D'après une étude publiée par le Journal of Internal Medicine, il existe une corrélation directe entre la proportion de personnes obèses dans un pays et la concentration en restaurants McDonald's. En tête de liste, les États-Unis, le Canada ou encore l'Australie. Avec 19 McDo par million d'habitants, la France fait un peu mieux, mais se situe dans le haut du tableau. Hamburgers, hot-dogs, frites, chips ou encore sodas sont, de longue date, les principaux ennemis des nutritionnistes… avant que les neuroscientifiques ne se joignent au concert des critiques ? C'est ce qui pourrait résulter du nombre croissant de travaux sur les liens entre malbouffe et cerveau. Ainsi, le manque de sommeil nous inciterait à privilégier les pizzas plutôt que les salades composées. C'est ce qui ressort d'une étude menée par des chercheurs de l'université de Californie à Berkeley : lorsque les participants passent une nuit blanche, ils ont tendance à privilégier la *junk food*. En examinant leurs cerveaux par la technique de l'IRM, les scientifiques ont remarqué une activité altérée dans les lobes frontaux, en charge du contrôle de soi et de la prise de décision, ainsi qu'une réactivité plus forte dans le système de récompense. Une combinaison qui démontre à la fois pourquoi la malbouffe devient plus désirable, et qu'on y résiste plus difficilement, lorsqu'on manque de sommeil…

TROP DE *JUNK FOOD* NUIT AU QI DES ENFANTS. À moins d'être insomniaque, ce type de situation reste assez exceptionnel et ne mettra pas en péril notre bien-être physique. C'est une consommation répétée de *junk food* qui peut nuire à la santé de nos artères… et de notre cerveau. Et ces conséquences négatives sont particulièrement sensibles dans les premières années de vie, lors du pic du développement cérébral. Des chercheurs de l'université d'Adélaïde, en Australie, se sont intéressés aux habitudes alimentaires de plus de 7 000 enfants à l'âge de six mois, quinze mois et deux ans, et les ont mises en relation avec le quotient intellectuel à l'âge de huit ans, puis à l'âge de quinze ans. Résultats ? Les enfants nourris au sein à l'âge de six mois, puis ensuite avec une alimentation équilibrée – intégrant des légumes, des fruits et du fromage – bénéficient en moyenne d'une augmentation de deux points de QI à l'âge de huit ans. En revanche, ceux qui consomment beaucoup de biscuits, bonbons, sodas et chips au cours de leurs deux premières années ont tendance à présenter un QI inférieur de deux points à ce qui est généralement constaté. Comment expliquer cet impact, qui reste malgré tout modéré ? Est-il dû au manque de nutriments essentiels au développement cérébral, ou à des composants de la *junk food* qui seraient néfastes au cerveau ? Lisa Smithers, qui dirige les travaux, reste prudente : « À partir des résultats de notre étude, il n'est pas possible d'affirmer que le lien entre alimentation et QI s'explique par un manque de nutriments. Bien que ce soit plausible, nous ▶


JUNK FOOD:
attention, danger?
IMAGE SOURCE WHITE/GETTY IMAGES

Dépression et malbouffe : des liaisons dangereuses

D'après une recherche impliquant plus de 2000 hommes, une alimentation saine, marquée notamment par une forte consommation de folates (vitamine B9), diminuerait le risque dépressif.
En parallèle, un lien a été trouvé entre malbouffe et dépression. Attention cependant aux conclusions trop rapides, avertit Anu Ruusunen : « Une alimentation non saine est associée à des symptômes dépressifs élevés, mais pas à un risque accru de développer une dépression dans le futur. Ce qui signifie que nous ne savons pas qui de l'œuf ou de la poule… Les symptômes dépressifs sont-ils à l'origine de ces mauvaises habitudes alimentaires, ce qui est probable, ou est-ce l'inverse? » D'autres études, rappelle la chercheuse, ont permis de supposer que « ce n'est pas seulement ce qu'on mange qui entre en jeu dans le risque dépressif, mais aussi ce qu'on ne mange pas ; dit autrement, non seulement les composants néfastes, comme les graisses saturées, mais aussi le manque de nutriments essentiels au cerveau, comme les vitamines ». Pour Anu Ruusunen, « nous devons être plus conscients de l'ampleur du facteur "mode de vie" sur les troubles mentaux. Pas seulement l'alimentation, mais aussi l'activité physique, le sommeil, les relations sociales, l'évitement d'un excès de stress. Il faut encourager les individus à améliorer ces différents points. »

RÉFÉRENCE

■ **A. Ruusunen,** *Diet and depression,* **thèse en sciences de la santé, 2013.**

> « L'abus de *junk food* par la future mère augmente l'appétence de l'enfant pour la malbouffe »

devons également considérer des solutions alternatives. Parce que notre étude est basée sur l'observation, et non sur une expérience permettant de contrôler différentes variables, nous devons envisager que cet effet peut s'expliquer par un autre facteur associé à la fois à l'alimentation et au QI. Par exemple, il est possible que les parents qui privilégient une alimentation saine fassent également d'autres choses qui impactent positivement le QI de leur enfant. »

TRANSMISSION MÈRE-ENFANT. D'autres chercheurs ont examiné les pratiques alimentaires au-delà de cette période, en allant jusqu'à l'entrée en primaire. Leurs résultats confirment les effets négatifs de la *junk food* consommée au cours de la prime enfance, particulièrement à l'âge de trois ans, sur le QI évalué à l'âge de huit ans. Pour autant, faut-il interdire toute malbouffe au cours des premières années ? « J'aurais tendance à conseiller aux parents d'encourager leurs enfants à manger des produits sains, comme les légumes, plutôt que de ne jamais consommer des aliments de type *junk food*, estime Lisa Smithers. Un point clé cependant : les parents doivent être conscients du fait que leurs enfants apprennent à apprécier la consommation de légumes (N.D.L.R. Voir l'article « Comment faire manger des légumes verts aux enfants ? », dans ce même numéro). Il arrive souvent que de nouveaux aliments doivent être proposés de très nombreuses fois avant que l'enfant n'accepte de les essayer. Une seconde recommandation consiste à diversifier l'alimentation : les enfants qui consomment une grande variété d'aliments peuvent être plus facilement tentés d'en essayer de nouveaux. Enfin, les parents doivent donner l'exemple par leur propre alimentation. » D'autant plus que l'alimentation maternelle influence les préférences alimentaires de bébé, avec un impact dès la vie fœtale : des travaux menés par une autre équipe de l'université d'Adélaïde révèlent que l'abus de *junk food* par la future mère a tendance à augmenter l'appétence de l'enfant pour la malbouffe… ●

RÉFÉRENCES

■ **A. Alhéritière et coll.,** *Worldwide relation between the number of McDonald's restaurants and the prevalence of obesity,* **Journal of Internal Medicine, septembre 2013 (publication en ligne).**
■ **S.M. Greer, A.N. Goldstein et M.P. Walker,** *The impact of sleep deprivation on food desire in the human brain,* **Nature Communications, août 2013.**
■ **L.G. Smithers et coll.,** *Dietary patterns at 6, 15 and 24 months of age are associated with IQ at 8 years of age,* **European Journal of Epidemiology, juillet 2012.**
■ **L.G. Smithers et coll.,** *Do dietary pattern trajectories from infancy to toddlerhood influence later IQ: results from a birth cohort study,* **PLoS ONE, mars 2013.**
■ **J.R. Gugusheff, Z.Y Ong et B.S. Muhlhausler,** *A maternal "junk-food" diet reduces sensitivity to the opioid antagonist naloxone in offspring postweaning,* **The FASEB Journal, mars 2013.**

Une junk food... saine !

Si les effets néfastes de la malbouffe sont liés à la forte concentration en acides gras saturés et en sucres, des versions plus "neuro-diétético-compatibles" font la part belle aux protéines et aux vitamines, tout en préservant le plaisir d'une consommation nomade, sur le pouce. La preuve avec ce **hamburger végétarien,** d'inspiration orientale.



ELENA VESELOVA/GETTY IMAGES

Ingrédients pour 4 hamburgers

> 1 carotte
> 1 courgette
> 1 petit oignon
> 1 tomate
> 50 g. d'épinards frais
> menthe fraîche (pour les galettes et pour la sauce)
> persil plat
> 1 boîte de pois chiches
> 1 blanc d'œuf
> 120 g de yaourt grec
> 1 c. à café de curry
> gingembre râpé
> huile d'olive
> 4 pains à hamburger (ou 4 muffins anglais complets)

- Mixez d'abord les pois chiches, puis râpez la carotte et la courgette.
- Émincez finement l'oignon avant de le faire revenir à la poêle dans l'huile d'olive, puis ajoutez les légumes râpés, le curry et les herbes ciselées.
- Lorsque les légumes sont cuits, incorporez-les à la purée de pois chiches et façonnez quatre galettes.
- Passez-les dans le blanc d'œuf battu avant de les faire cuire à la poêle pendant 5 minutes.
- Détaillez la tomate en tranches fines.
- Préparez la sauce en mélangeant yaourt, gingembre, menthe, sel et poivre.
- Répartissez ensuite sur quatre moitiés de pain (ou de muffin préalablement passés sous le gril) quelques feuilles d'épinard, deux tranches de tomate, les galettes végétales et la sauce.

LE CAHIER JEUX

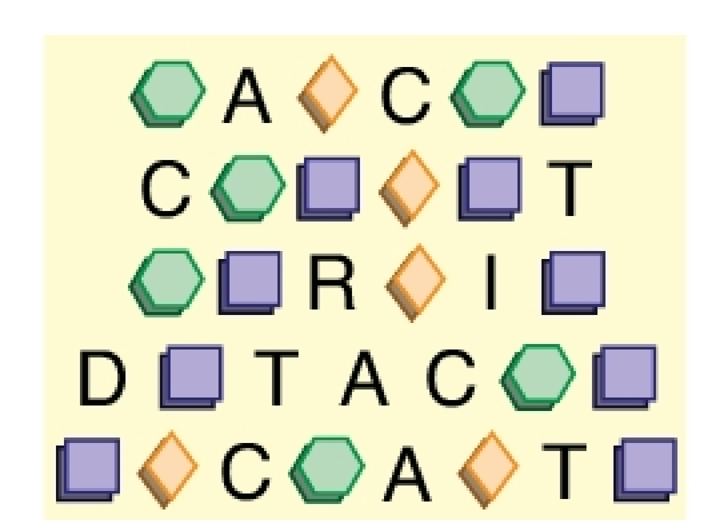
La gymnastique de l'esprit

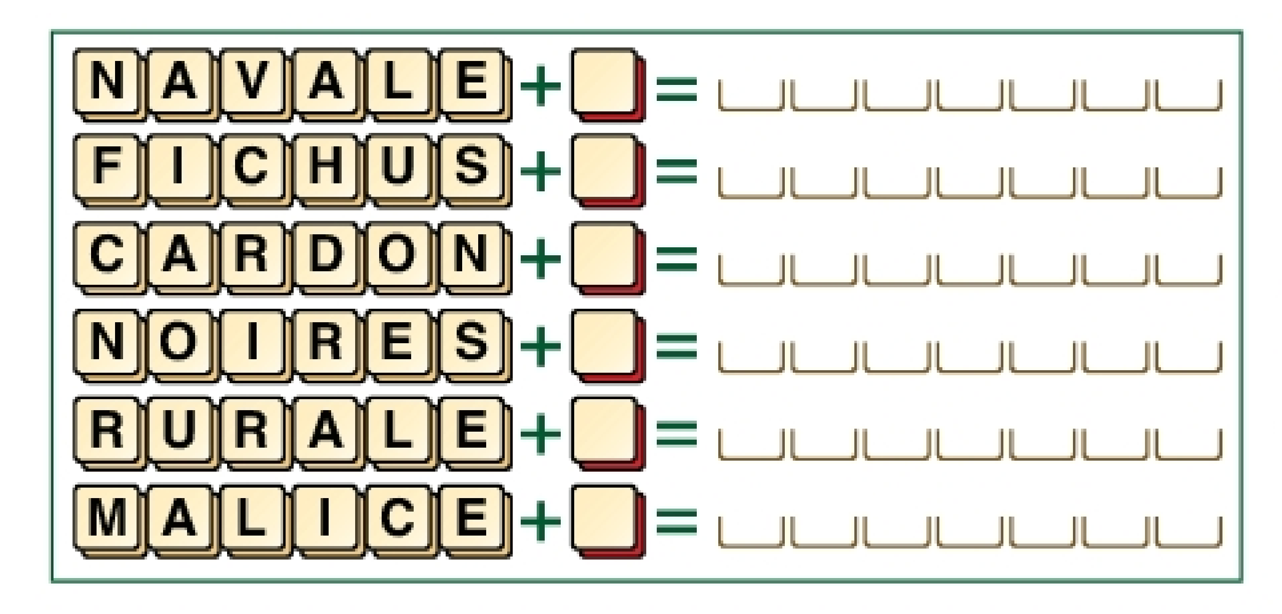
par Bernard Myers

Voici une série de jeux variés, sans score final !
Sentez-vous libre de les résoudre dans l'ordre que vous souhaitez…

FORMEMOT

Formez cinq mots en plaçant une même lettre dans chaque cercle, une autre dans chaque carré et une troisième dans chaque hexagone.



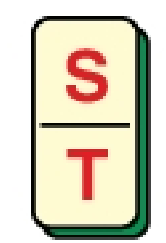


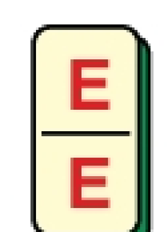
MOT PLUS

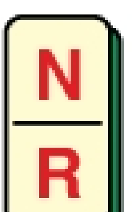
À chacun des mots suivants, ajoutez une lettre pour former par anagramme six noms de fleurs. Les lettres ajoutées formeront verticalement le nom d'une autre fleur.

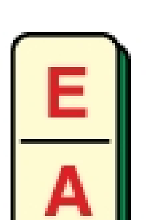
DOMINO-LETTRES

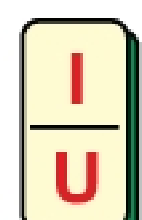
Réarrangez les dominos pour former deux mots horizontaux.

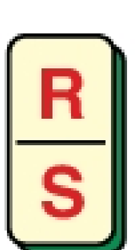






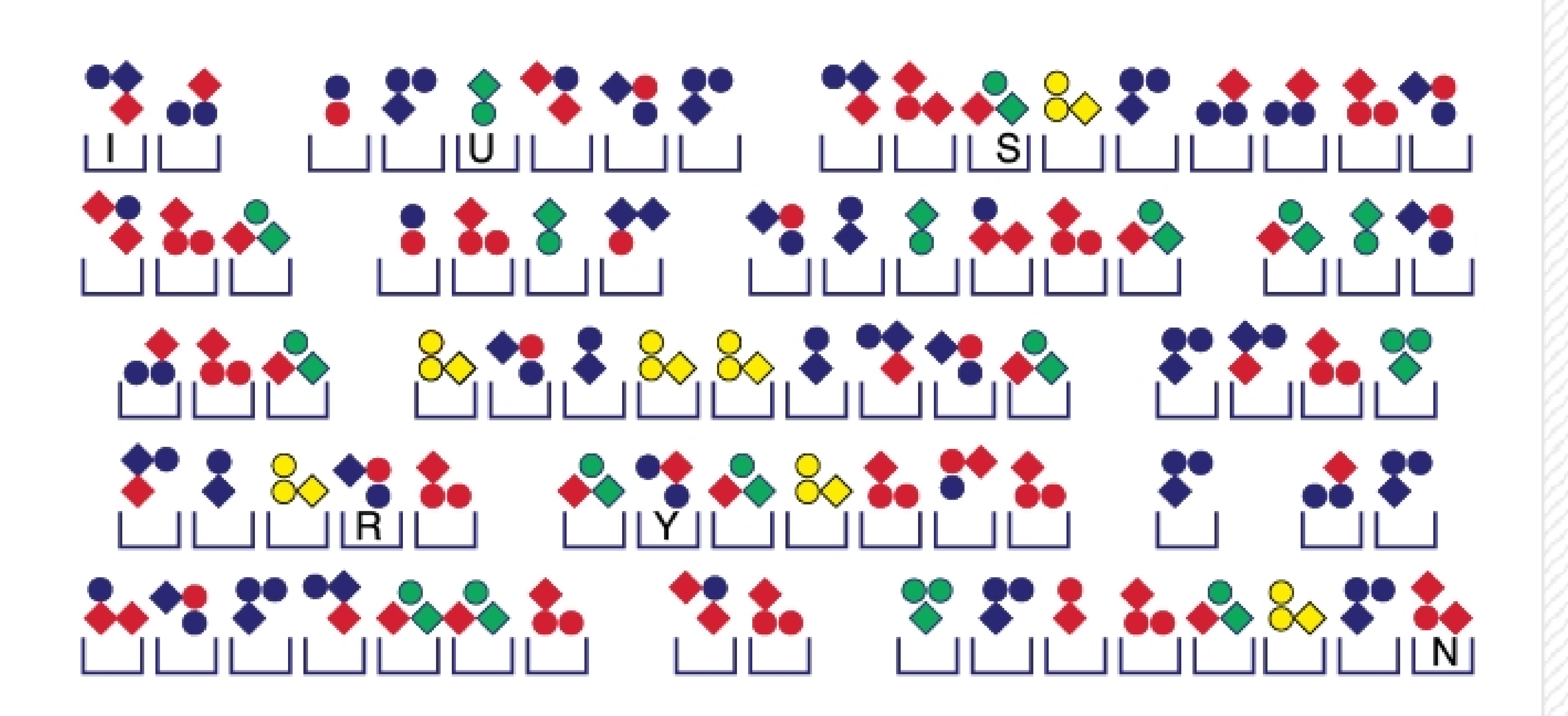






DÉCODEZ

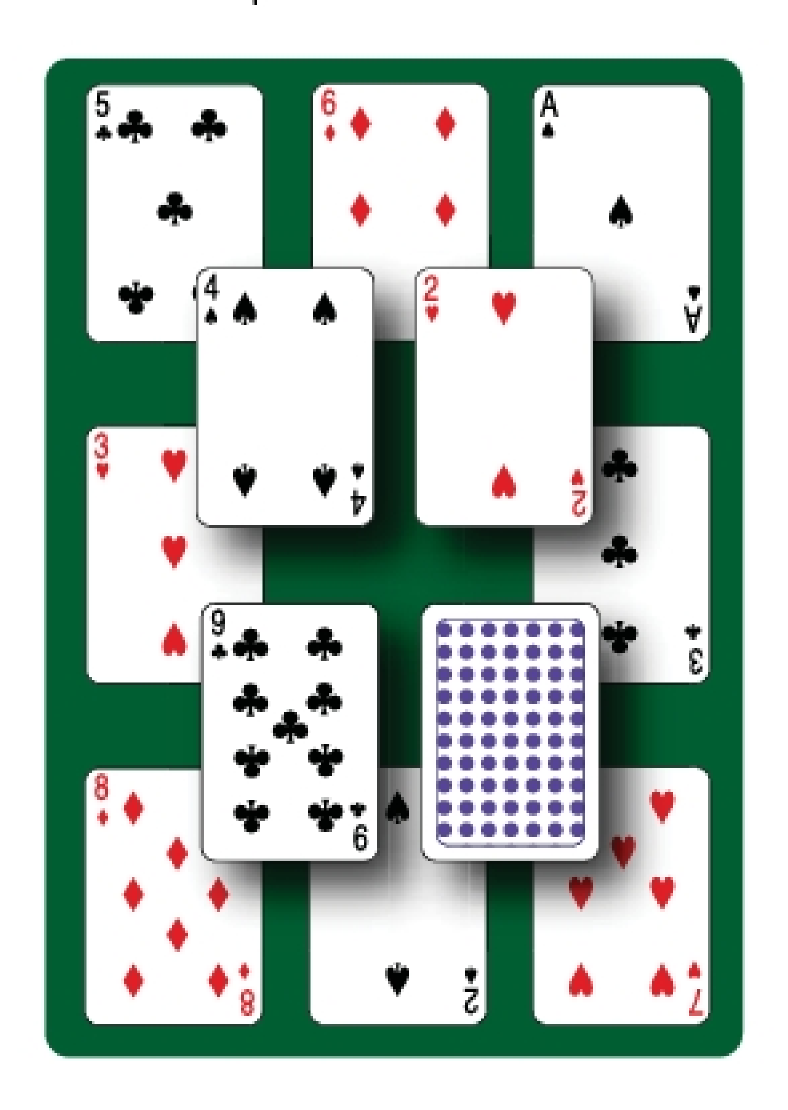
Décodez la réaction du Capitaine Haddock en découvrant les "patins à moteurs" du Professeur Tournesol. Chaque lettre de la phrase a été remplacée par un signe (le même signe remplaçant toujours la même lettre et inversement). Retrouvez la citation. Quelques lettres données permettent une entrée en matière plus rapide.





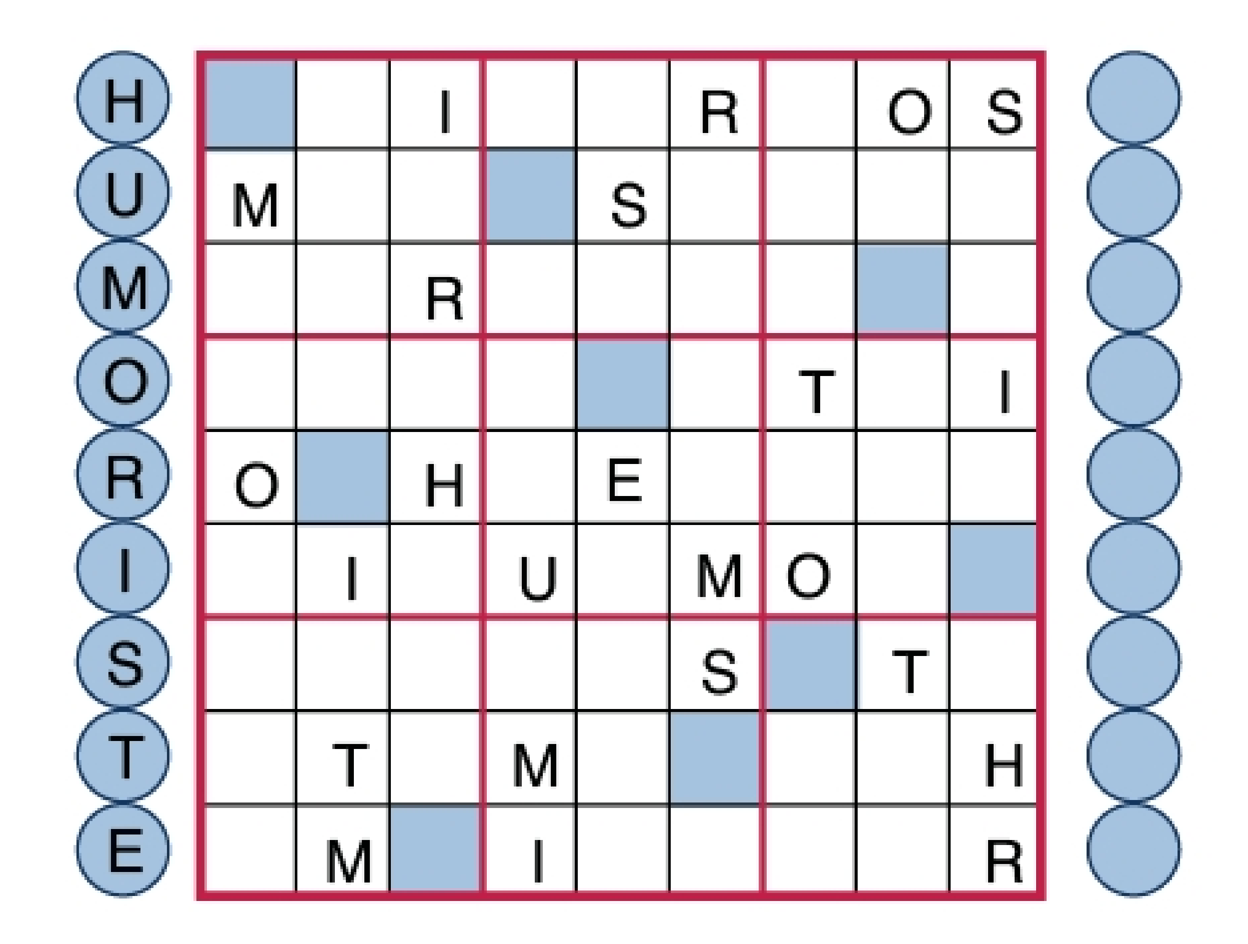
LA CARTE ÉNIGMATIQUE

Les cartes à jouer ont été disposées selon une certaine méthode et la dernière a été retournée face cachée. Trouvez ce que doit être cette carte !

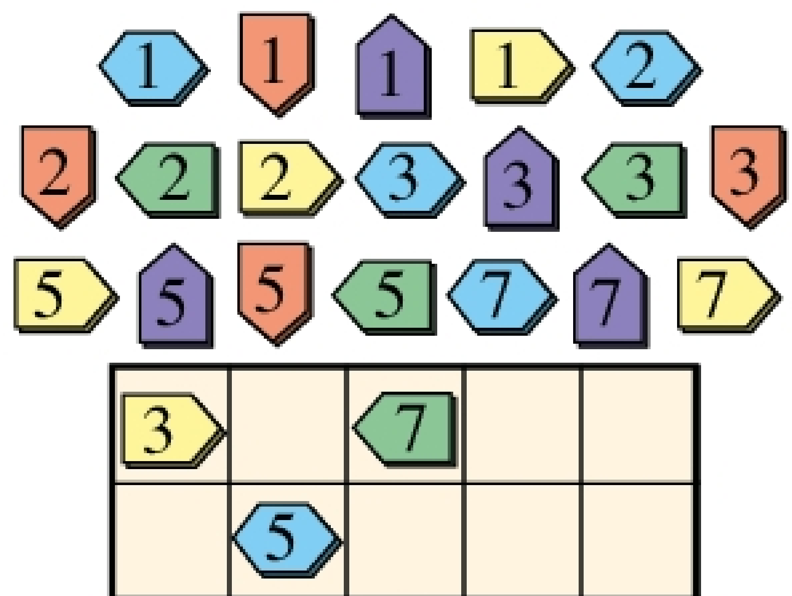


SUDOKU-LETTRE

Complétez les cases vides pour que chaque rangée, chaque colonne et chaque carré de neuf cases contiennent toutes - et uniquement - les lettres du mot "HUMORISTE". Ensuite, transcrivez dans les cercles à droite de chaque rangée, les lettres que vous avez placées dans les cases colorées à côté et vous formerez un autre mot : lequel ?



H			I			R		O	S
U	M				S				
M			R						
O							T		I
R	O		H		E				
I		I		U		M	O		
S						S		T	
T		T		M					H
E		M		I					R

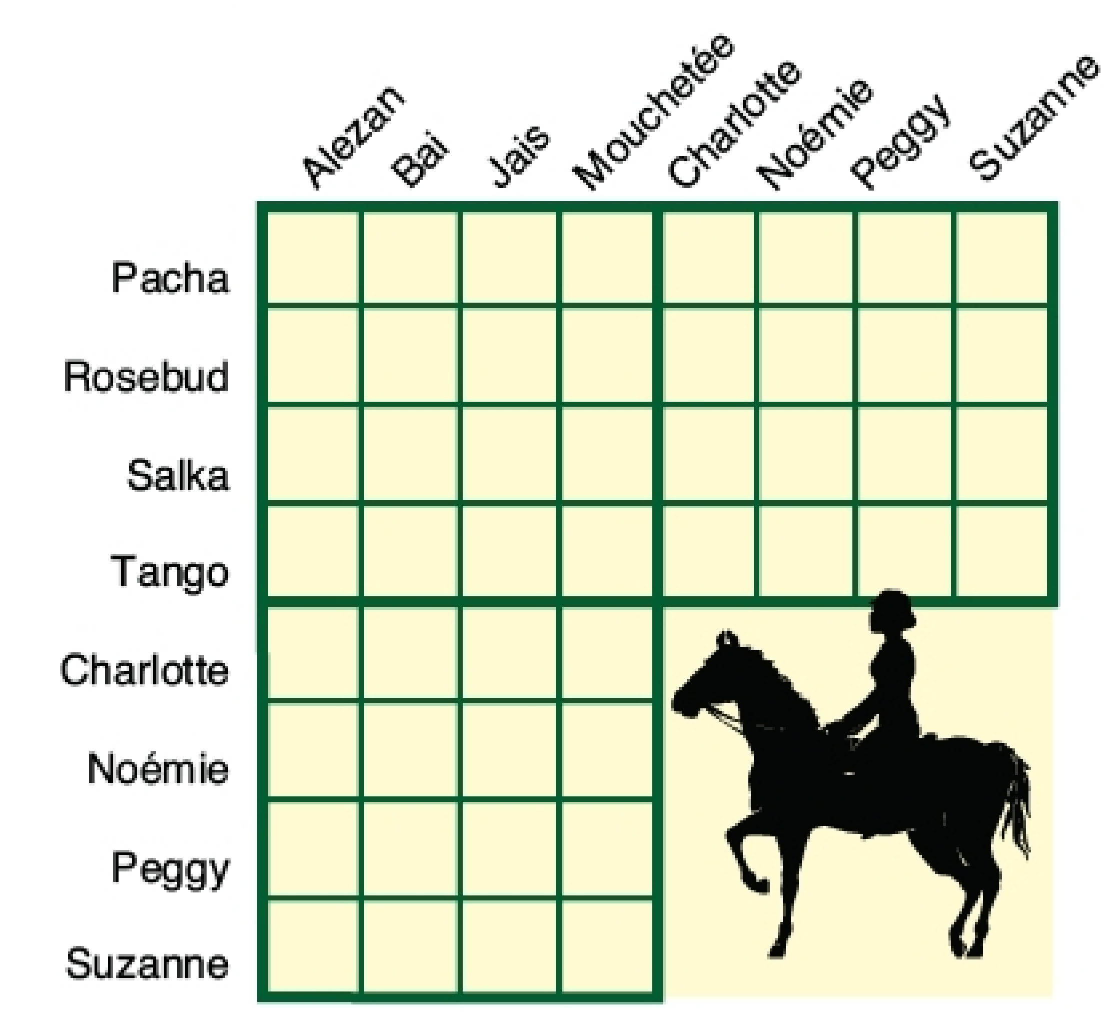


COMBINAISON GAGNANTE

Trouvez l'emplacement dans la grille de chacun des jetons ci-dessous. Ils doivent être disposés de façon à ce qu'aucune rangée, aucune colonne et aucune diagonale, si petite soit-elle, ne comprenne plus d'un jeton de la même forme (couleur) ou portant le même chiffre.

LES CAVALIÈRES

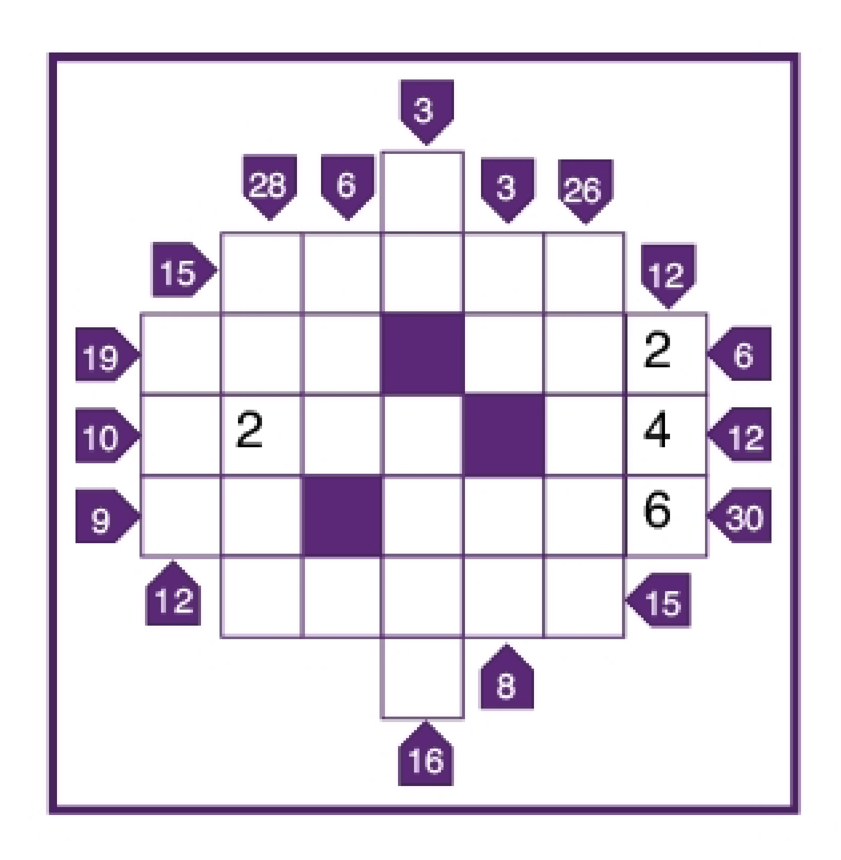
Charlotte, Noémie, Peggy et Suzanne sont des cavalières de talent. qui ont chacune leur propre cheval (alphabétiquement : Pacha, Rosebud, Salka et Tango) aux robes bien distinctes (alezan, bai, jais et mouchetée). Trouvez, pour chaque cavalière, le nom de son cheval et la couleur de la robe de celui-ci.



1. Peggy monte surtout sur son cheval, mais parfois elle fait un tour sur Rosebud ou le cheval jais, mais elle ne monte jamais le cheval moucheté.
2. Noémie, la maîtresse de Salka et celle du cheval moucheté sont allées applaudir la maîtresse de Tango qui participait à une compétition.
3. Pendant les vacances, Peggy et Charlotte surveillent les chevaux de leurs amies : Salka et le cheval bai.

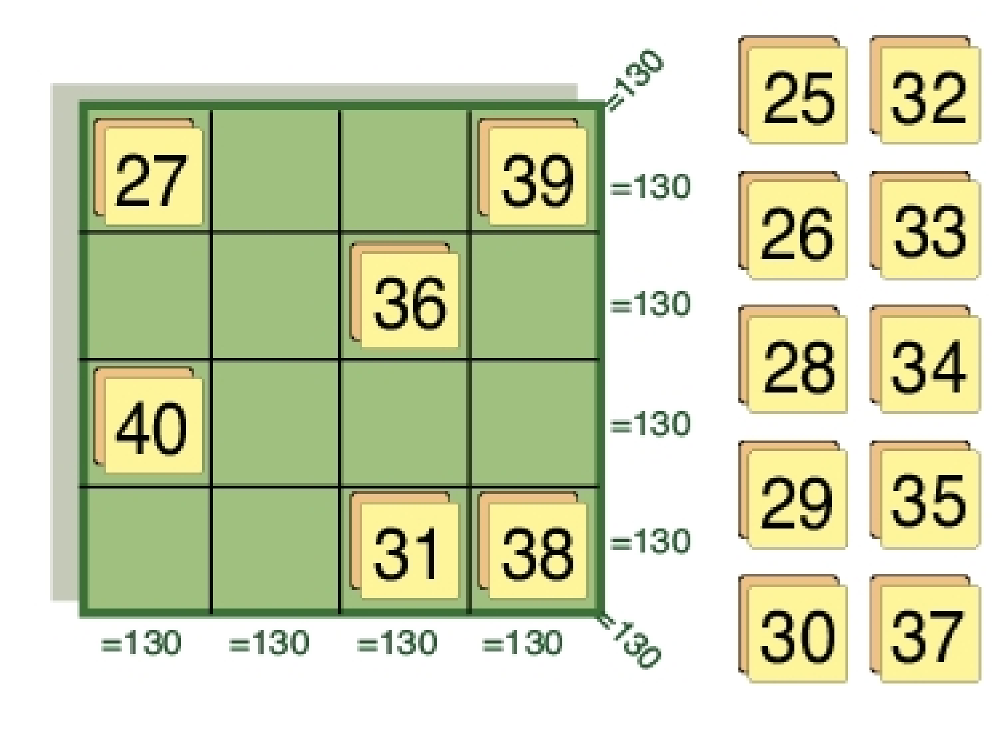
ADDITIONS CROISÉES

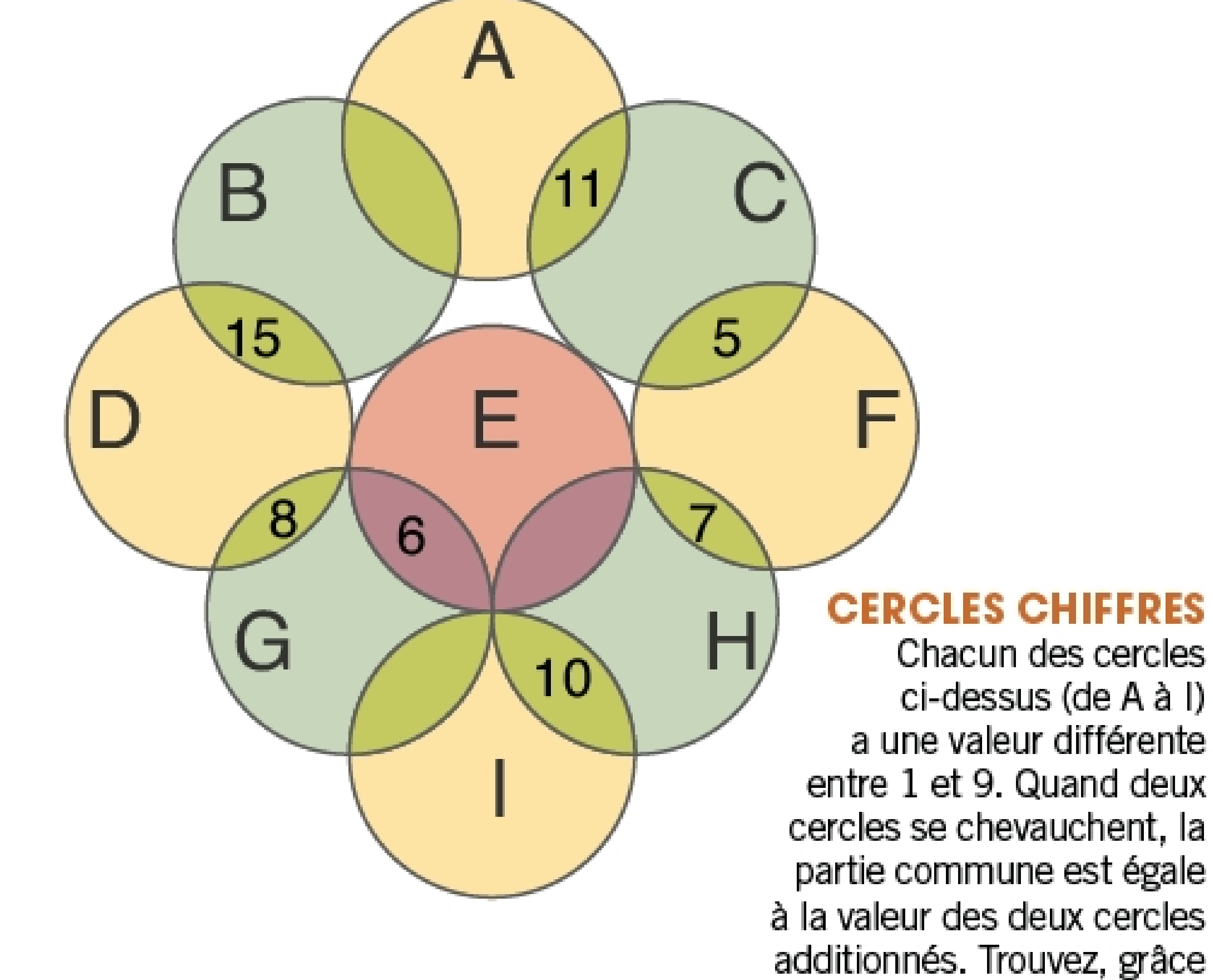
Complétez la grille en plaçant un chiffre dans chaque case. Les nombres dans les flèches indiquent la somme de tous les chiffres de l'alignement correspondant. Chaque alignement ne comporte que des chiffres différents et pas de zéro.



CARRÉ MAGIQUE

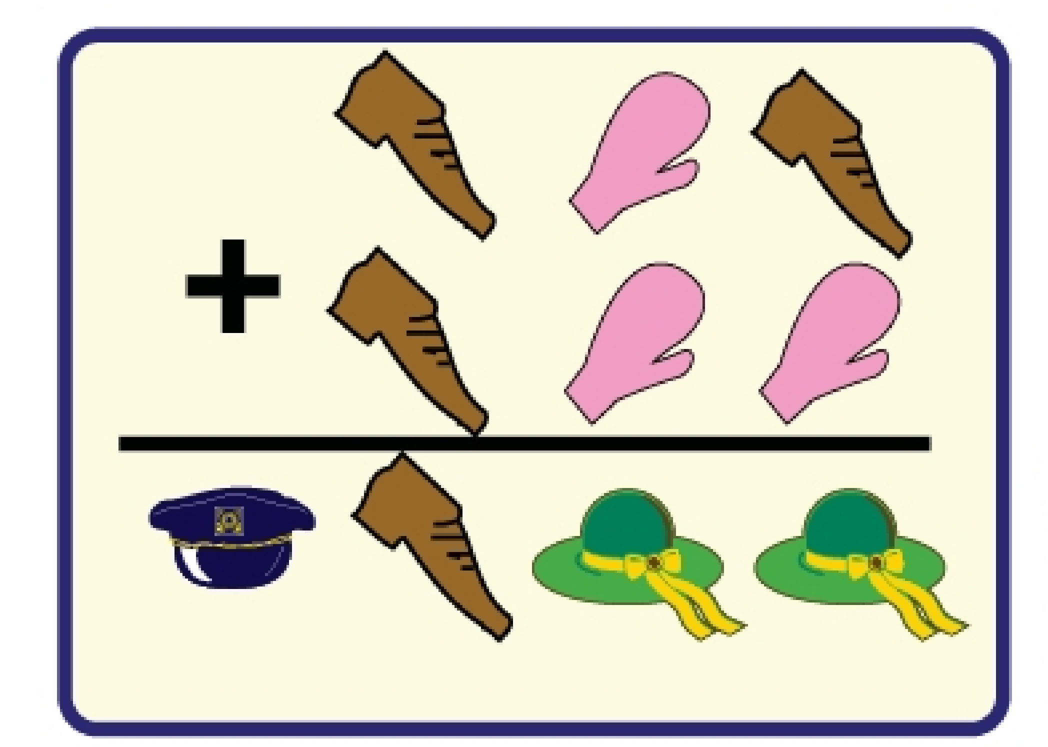
Complétez la grille avec les nombres donnés pour former un carré magique. Rappelons que dans un carré magique, la somme des nombres de chaque rangée horizontale, chaque colonne verticale et chacune des deux grandes diagonales doivent toujours être les mêmes, en l'occurrence 130. (Dans ce carré magique, la somme des quatre coins, et des quatre cases du centre est aussi égale à 130).





CERCLES CHIFFRES

Chacun des cercles ci-dessus (de A à I) a une valeur différente entre 1 et 9. Quand deux cercles se chevauchent, la partie commune est égale à la valeur des deux cercles additionnés. Trouvez, grâce aux quelques nombres donnés, la valeur de chaque cercle.

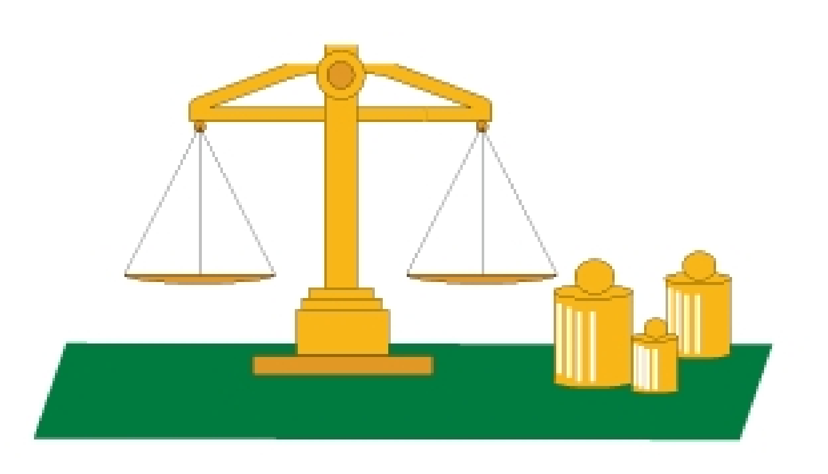


OPÉRATION IMAGÉE

Dans l'addition ci-dessous, chaque chiffre est toujours remplacé par un même dessin, il n'y a pas de zéro. Retrouvez l'addition en chiffres !

LA PESÉE DE L'OR

Vous avez environ 6 grammes de poudre d'or, une balance à deux plateaux et trois poids de 5, 8 et 14 grammes. Il vous faut exactement 4 grammes d'or : comment allez-vous faire sans utiliser d'autres récipients que les deux plateaux de la balance ?

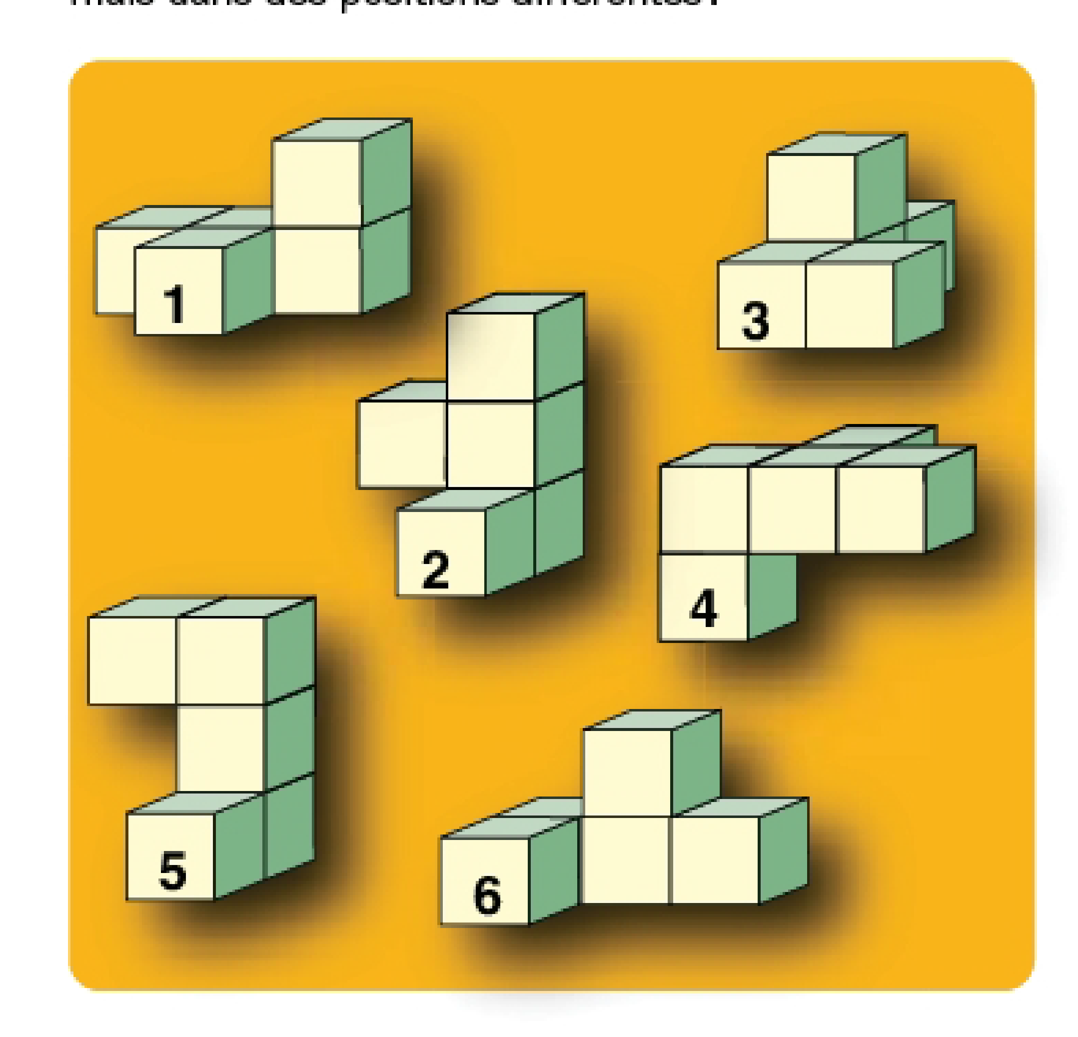




Solutions page 78

CUBES

Quels assemblages sont semblables, mais dans des positions différentes ?



"VOIR" À PRENDRE

Combien d'exemplaires de "Voir" pouvez-vous prendre dans le tas ci-dessous, sans toucher à celui à l'étoile (N°9) et sans en prendre un qui se trouve partiellement sous un autre. (Une fois un numéro retiré, on peut bien entendu prendre celui juste dessous).



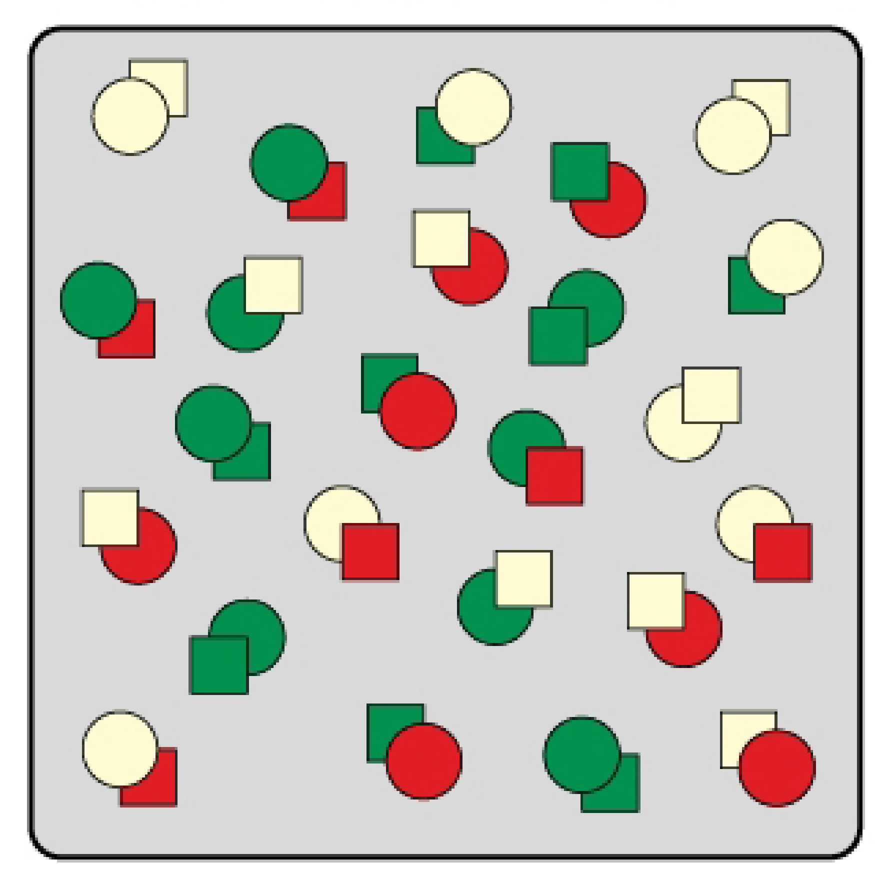
DÉCOUPAGE "PHOTON"

	O	H	T	O	
	N	O	N	H	
	H	N	P	O	
O	T	P	N	P	T
O	H	O	O	T	P

Nous souhaitons découper la forme ci-dessous en quatre parties, chacune comprenant les lettres "P.H.O.T.O.N." Comment faire ?

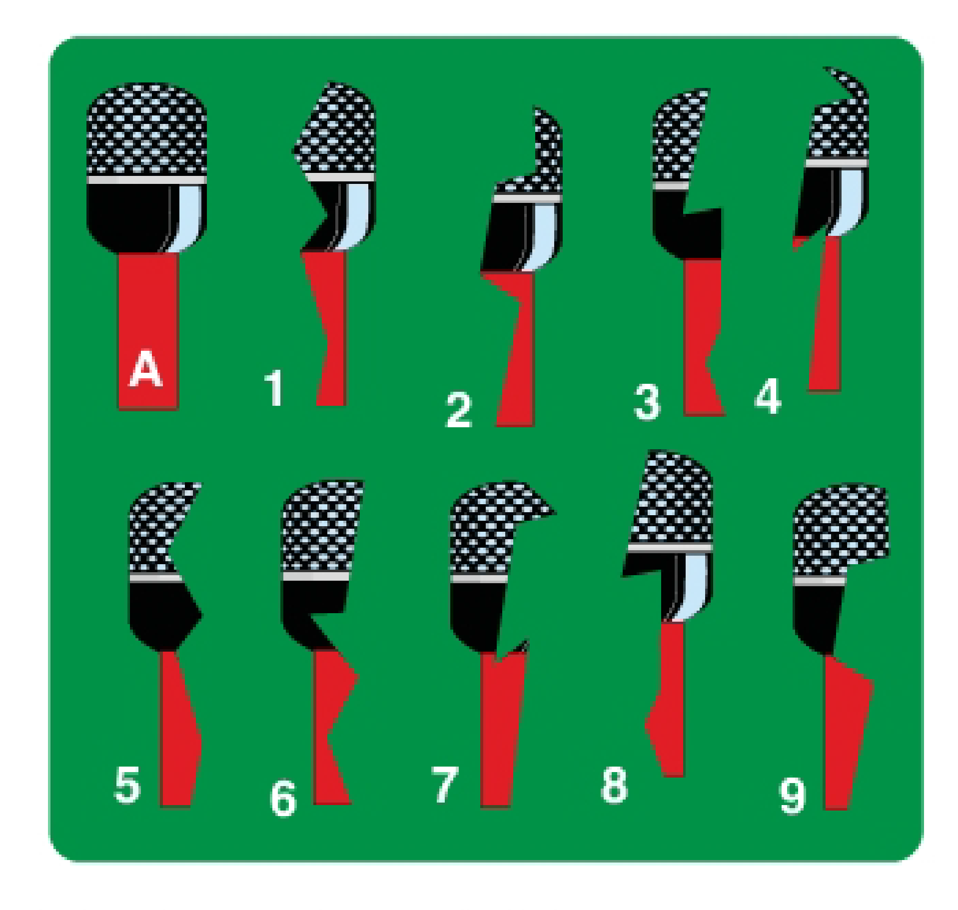
PASTILLES

Quel dessin apparaît le plus souvent ?



MICRO-FRAGMENTS

Reliez les fragments pour reformer quatre micros comme le modèle A. Il restera un fragment : lequel ?



Solutions

Solutions des jeux des pages 74 à 77

PAGE 74

DÉCODEZ
" Il faudra installer des feux rouges sur les trottoirs, avec votre système à la graisse de cabestan " Haddock dans Coke en Stock

FORMEMOT
CARRE : E
HEXAGONE : H
LOSANGE : N
Pour former : Hanche, chenet, hernie, détaché et enchanté

DOMINO-LETTRES
RÉSINE / SATURÉ

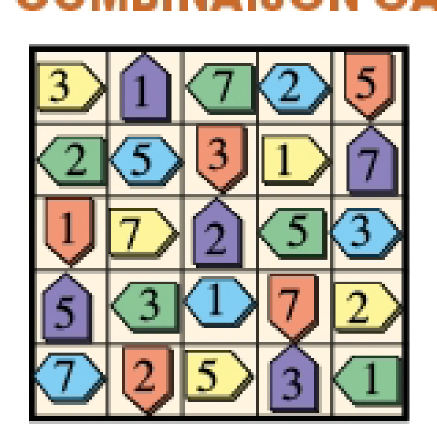
MOT PLUS
DAHLIA (LAVANDE - FUCHSIA - CHARDON - LISERON - LAURIER - CAMELLIA)

PAGE 75

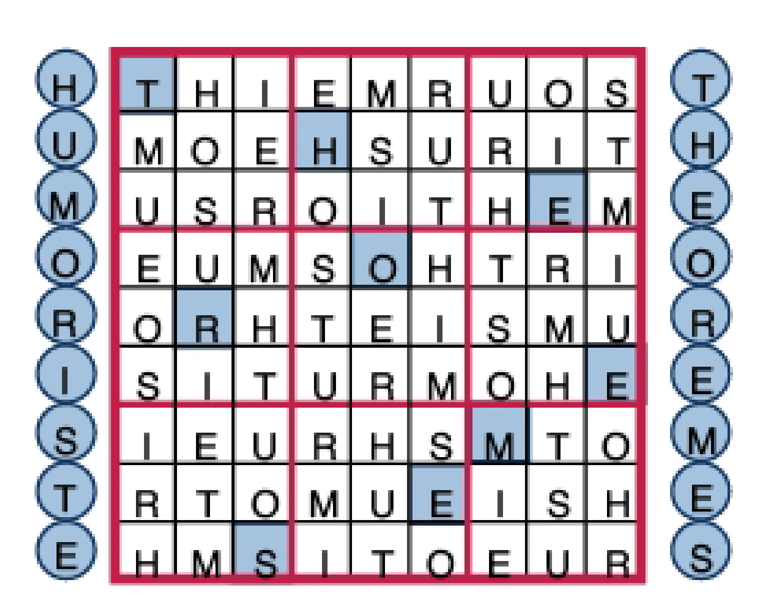
LES CAVALIÈRES
Charlotte, Pacha, Mouchetée
Noémie, Rosebud, Bai
Peggy, Tango, Alezan
Suzanne, Salka, Jais

LA CARTE ÉNIGMATIQUE
La valeur de chacune des 4 cartes du centre est égale à la (ou les) cartes rouges moins la ou les cartes noires sur lesquelles elles sont posées. La couleur de ces cartes est différente des trois autres sur laquelle elle se trouve. Nous avons donc 7 de cœur moins 3 de trèfle et moins 2 de pique, ce qui donne un 2 de la couleur qui manque, c'est-à-dire carreau.

COMBINAISON GAGNANTE



SUDOKU-LETTRE



PAGE 76

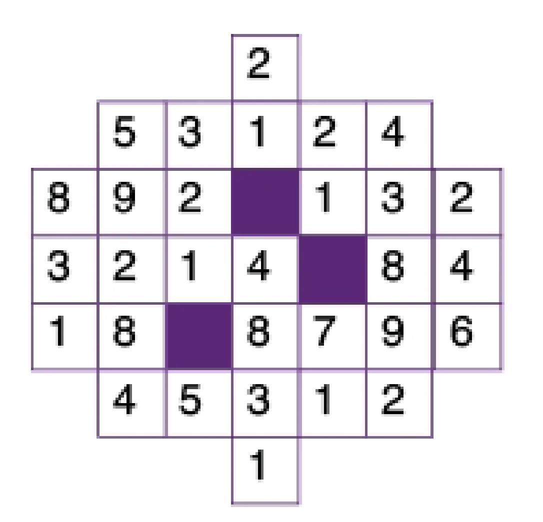
OPÉRATION IMAGÉE
CHAUSSURE : 9
MOUFLE : 8
CHAPEAU : 7
CASQUETTE : 1
989 + 988 = 1977

LA PESÉE DE L'OR
Mettez les poids de 5 et 8 grammes d'un côté et celui de 14 grammes de l'autre. Versez de la poudre d'or sur le premier plateau jusqu'à ce que les plateaux soient équilibrés (soit 1 gramme). Retirez tous les poids et équilibrez les plateaux en versant de la poudre dans le plateau vide. Vous avez maintenant 1 gramme de chaque côté. Versez la poudre d'un plateau à l'autre. Vous avez donc 2 grammes de poudre d'un côté. Équilibrez les plateaux une dernière fois : vous avez vos 4 grammes.

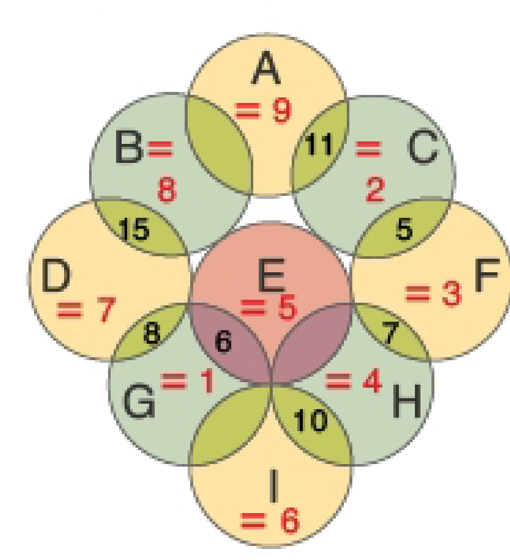
CARRÉ MAGIQUE

27	34	30	39
37	32	36	25
40	29	33	28
26	35	31	38

ADDITIONS CROISÉES



CERCLES CHIFFRES



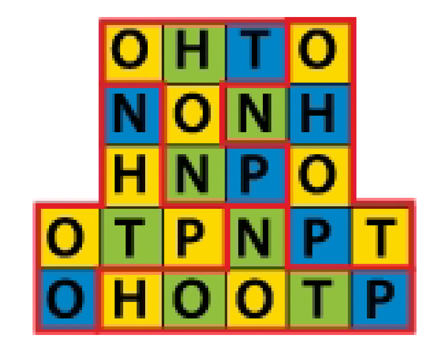
PAGE 77

VOIR A PRENDRE
8 exemplaires (5, 1, 2, 15, 12, 11, 17 et 16)

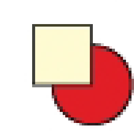
MICRO-FRAGMENTS
Fragment N°6. 1-5, 2-9, 3-8, 4-7.

CUBES
N° 1, 2, 3, 6.

DÉCOUPAGE "PHOTON"



PASTILLES



n° 5 – juillet/août 2006

DOSSIER : SÉDUCTION !
1- La quête de l'idéal ?
2- Visage, corps, gestes : les armes de la séduction
3- Du désir à l'amour, tout est cérébral
ÉGALEMENT DANS CE NUMÉRO
L'humour des enfants
Le « delphini code » !
La pensée musicale
L'ère du robot domestique
Le robot à tout faire ?
Le premier robot domestique français ?
Interview de Christophe André



n° 11 – janvier/février/mars 2008

DOSSIER : APPRENDRE AU XI SIÈCLE
1- Apprendre au XXI[e] siècle : interview de Stanislas Dehaene
2- Apprendre au XXI[e] siècle : les secrets de l'hypermnésie
3- Apprendre au XXI[e] siècle : la mémoire boostée par la fée électricité
ÉGALEMENT DANS CE NUMÉRO
La mémoire des gestes
Changez d'avis à la dernière seconde…
Parler de ses émotions fait du bien !
Le cerveau humain a une mémoire sociale
Pour mieux entendre : utilisez vos yeux !
Les robots prennent le volant



n° 7 – novembre/décembre 2006

DOSSIER : LA GASTRONOMIE DU PENSEUR
1- Bien manger pour nourrir son cerveau
2- Régime idéal du travailleur intellectuel
3- La gastronomie moléculaire
4- Les papilles et les neurones
5- Le goût du plaisir
ÉGALEMENT DANS CE NUMÉRO
Les Aymaras ont leur futur derrière eux !
Faut-il se fier aux premières impressions ?
Dans la peau d'un autre
Pourquoi aimons-nous être surpris ?
L'appât du gain
L'intelligence collective des cafards



n° 13 – sept/oct/nov. 2008

DOSSIER : QUELLE INTELLIGENCE SANS L'HOMME ?
1- Organismes digitaux : la vie in silico
2- L'intelligence humaine… des animaux !
ÉGALEMENT DANS CE NUMÉRO
Quand le sport dope le cerveau
Ne pas céder à ses pulsions !
La psychologie du consommateur
Brain TV : l'activité cérébrale sur petit écran
Que ressent-on lorsque l'on meurt ?



n° 8 – janvier/février/mars 2007

DOSSIER : L'INSTANT EURÊKA !
1- La mécanique de la créativité
2- L'illumination
3- Devenir créatif
4- Les drogues boostent-elles la créativité ?
5- La création scientifique
ÉGALEMENT DANS CE NUMÉRO
Les origines de la justice dans les neurones
Pourquoi l'amour rend-il aveugle ? !
Recouvrer la vue ?
Le circuit cérébral de la décision
Le manque de sommeil nuit aux neurones
Jeremy Narby, le diplomate de l'intelligence
Des robots inspirés du monde animal !
Le Darwinisme appliqué aux robots



n° 15 – mai/juin/juillet 2009

La bonne réputation
Les réseaux sociaux
La science du baiser
L'intelligence des champions
L'apprentissage par la peur
Les tout premiers mots
Les robots Médecins
Surmonter son stress



n° 10 – juillet/août/septembre 2008

DOSSIER : LA CONCENTRATION À L'EXTRÊME
1- Les troubles de l'attention
2- Quelles méthodes pour doper sa concentration ?
ÉGALEMENT DANS CE NUMÉRO
Une prévision météo de la pensée ?
Le goût du risque
Le WiFi est-il un danger pour le cerveau ?
Caméras intelligentes : la reconnaissance des visages



n° 17 – décembre/janvier/février 2010

NUMÉRO SPÉCIAL : 100 EXPÉRIENCES POUR SE DÉCRYPTER
Déchiffrer les émotions, les pensées, et les comportements
ÉGALEMENT DANS CE NUMÉRO
L'injure, sa vie, son œuvre
La science des crises
En quête de conscience











Commander des anciens numéros

Bon de commande sur la page suivante ➔



HS n° 1 - janvier/février 2010

DOSSIER : MÉMORISEZ DURABLE
Les nouvelles méthodes naturelles
Les 8 clés de l'apprentissage
Restaurer sa concentration
ÉGALEMENT DANS CE NUMÉRO
On n'oublie jamais
Quand l'émotion façonne la mémoire
De l'inné à l'acquis, quand tout bascule
32 pages de jeux de mémorisation !



n° 22 – décembre/janvier 2012

DOSSIER : L'INTUITION
Les secrets des hyper-intuitifs
Quand peut-on se fier à ses intuitions ?
La première impression est-elle la bonne ?
ÉGALEMENT DANS CE NUMÉRO
Le rythme biologique des enfants
Le timide, sa vie son œuvre
Migraine, la fin d'un mystère
Comment reprendre confiance en soi ?



n° 19 – mai/juin 2011

DOSSIER : STOPPER LE VIEILLISSEMENT CÉRÉBRAL
L'éternelle jeunesse du cerveau
Notre guide pratique pour rester en forme
La méthode Jakobson
ÉGALEMENT DANS CE NUMÉRO
Les bio-robots
Un air de déjà-vu
L'urbanisme cérébral
GSM : l'alerte du Pr. Belpomme
J'apprends l'hypnose en 8 étapes
Détection des mensonges, mode d'emploi



n° 23 – février/mars 2012

NUMÉRO SPÉCIAL : APPRENDRE VITE… ET MIEUX !
Les découvertes qui révolutionnent notre façon d'apprendre
Modifier son anatomie cérébrale par l'apprentissage
Banc d'essai des innovations pédagogiques
ÉGALEMENT DANS CE NUMÉRO
Surmonter la peur du changement
La greffe de neurones
L'art de se plaindre : conseils et modèles de lettres !
Épuisement professionnel : limiter les pertes de mémoire et de concentration



n° 20 – juillet/août 2011

DOSSIER : DEVENIR SUPER-CRÉATIF
Super-créatif, mode d'emploi
La méthode Léonard de Vinci
La méthode Carson
ÉGALEMENT DANS CE NUMÉRO
Cartographier le cerveau
Marketing et publicité : l'effet de fausse expérience
On a testé le neurocoaching
Quand stimuler nos muscles protège nos neurones
L'humour, une histoire de famille
Delgado ou les prémisses de la neurostimulation
Le sexe, une drogue comme les autres ?
Neurocoaching, la gestion des modes mentaux



n° 24 – avril/mai 2012

NUMÉRO SPÉCIAL : DOPER SON CERVEAU
Tout ce que vous devez savoir
Le banc d'essai complet des différents produits
ÉGALEMENT DANS CE NUMÉRO
L'affirmation de soi
Le syndrome des clés perdues enfin compris
Le stress modifie l'ADN !
Sortir de l'alcoolisme
Oublier la douleur
Quand internet transforme le cerveau des enfants
L'enfant imite, oui… mais pas n'importe qui !

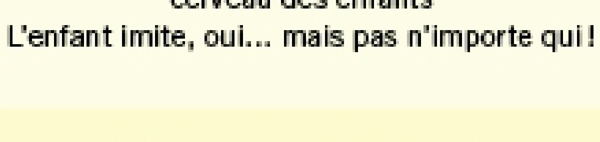




n° 21 – septembre/octobre 2011

DOSSIER : MAÎTRISER VOTRE CONCENTRATION
Toutes les techniques au banc d'essai !
Le cerveau attentif, contrôle et lâcher-prise
Développer l'attention des enfants
ÉGALEMENT DANS CE NUMÉRO
Calcul mental, les techniques de base
Les limites de l'intelligence
Apprentissage des enfants sur iPad
Le Yoga des enfants
Le guide du manager : se motiver soi-même et les autres
Guérir le cerveau, l'après-Servan-Schreiber





n° 25 – juin/juillet 2012

DOSSIER : DIRIGER
Les secrets des grands leaders
Les qualités du management féminin
Les leçons de l'Histoire
ÉGALEMENT DANS CE NUMÉRO
AVC : Une protéine miracle
Comment les femmes ressentent les émotions
Jeunes Vs séniors : le duel cognitif
Pratique : maîtriser l'art de l'éloquence
L'oubli volontaire, c'est possible
Apprendre à écrire sans stylo ?
Les secrets des bons élèves : le sport !
Autisme : vers un diagnostic ultra-précoce



n° 27 – octobre/novembre 2012

DOSSIER : PASSER EN MODE PROJET
La méthode Bregman
Les projets collectifs
La pédagogie de projet
ÉGALEMENT DANS CE NUMÉRO
Cannabis et cerveau
Hauts potentiels
La mémoire absolue
Super-Bébé
Les secrets de la réussite scolaire
Le robot avatar



n° 30 – avril/mai 2013

NUMÉRO SPÉCIAL : A LA RECHERCHE DE DIEU DANS LE CERVEAU
- Une zone cérébrale divine dédiée à la fois ?
- La religiosité inscrite dans les gènes ?

ÉGALEMENT DANS CE NUMÉRO
Ceux qui n'ont jamais peur
L'apprentissage in utero
Simuler le bien pour devenir meilleur ?
Le temps perçu
Les neurones du Cœur !
Le rire mauvais
Optimisez votre charge mentale



n° 28 – décembre/janvier 2013

DOSSIER : L'IRRATIONNEL À L'ÉPREUVE DES NEUROSCIENCES
Des cerveaux précâblés pour croire
Les techniques des mentalistes
Le vrai/faux du paranormal
Les hallucinations par Olivier Sacks
Les effets de la pensée magique
ÉGALEMENT DANS CE NUMÉRO
Le dauphin stratège
Hypnose, réceptif ou pas ?
2029, l'avènement de la singularité ?
Obésité, du plaisir à l'addiction
Le cerveau en mode autonettoyage
Lorsque les enfants surveillent leur réputation…



n° 31 – juin/juillet/août 2013

NUMÉRO SPÉCIAL : SAVOIR DORMIR
- Maîtriser les techniques de sommeil inspirées des sports extrêmes
- Fabriquer ses rêves
- Utiliser les nouvelles technologies pour mieux dormir
+ 1 cahier : « tout savoir » sur le sommeil
ÉGALEMENT DANS CE NUMÉRO
Brain Project : après la lune et Mars, les États-Unis à la conquête du cerveau
Décrypter le cerveau d'un ado
Collectionnite : passion ou maladie ?
Pensez comme Sherlock Holmes



n° 29 – février/mars 2013

NUMÉRO SPÉCIAL : LES ÉMOTIONS
Comment les décrypter ?
Le langage émotionnel
La chimie des émotions
Mieux mémoriser ou négocier grâce aux émotions
Vivre en harmonie avec ses émotions
ÉGALEMENT DANS CE NUMÉRO
Albert Einstein : physiologie d'un génie
Portrait psy : l'adulte roi et l'adulte tyran
Migraine : quelles conséquences à long terme ?
Comprendre sans entendre ?
Les chercheurs révèlent d'incroyables aptitudes de l'inconscient cognitif



n° 32 – septembre/octobre 2013

NUMÉRO SPÉCIAL : LE PLAISIR MUSICAL
- Trouver la mélodie du bonheur
- Physiologie des goûts musicaux
- Voyage dans le cerveau d'un musicien

ÉGALEMENT DANS CE NUMÉRO
Rencontre avec nous-mêmes : cette petite voix dans notre tête
Nutrition : oméga 3, l'élixir cognitif ?
Méditez : pour mieux vivre avec les autres





JE COMMANDE DES ANCIENS NUMÉROS
LE 1ER N° = 10 €, LES SUIVANTS = 8 €

(frais de port France Métropolitaine + gestion inclus)

EXEMPLES : 1 N°= 10 €, 3 N°= 26 €, 5 N°= 42 €, 7 N°= 58 €

Merci de m'adresser par retour de courrier les numéros suivants______________________________

____

Je règle par chèque à l'ordre de *Mondeo publishing*.
Merci d'adresser vos commandes (coupon ou papier libre) avec le règlement sous enveloppe NON AFFRANCHIE — à l'adresse suivante :

LIBRE RÉPONSE 19345
94309 VINCENNES CEDEX

NOM

PRÉNOM

ADRESSE

CODE POSTAL

VILLE

E-MAIL

Pour un envoi à l'étranger, pour tout renseignement ou pour payer par carte bleue par téléphone, vous pouvez contacter une opératrice au **01-75-43-09-09** *(+331-75-43-09-09 de l'étranger)*

Ces informations ne sont utilisées que pour les besoins de la commande. Nous nous engageons à ne jamais communiquer vos coordonnées postales ou électroniques à des tiers.

Le monde de l'intelligence

Version Digitale

Retrouver notre magazine en version PDF sur



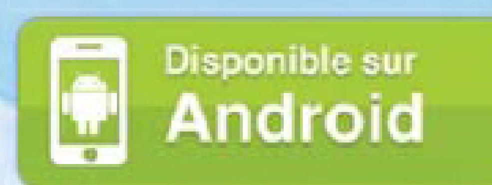
www.lekiosk.com



fr. zinio. com







Également sur vos ordinateurs







Retrouvez l'APPLI du magazine en version enrichie sur toutes les tablettes !



Disponible sur App Store

http://goo.gl/45vkb



Disponible sur Android

Tablettes Nexus, Acer, Samsung Galaxy, etc.



facebook

www.facebook.com/monde.intelligence



Découvrez nos prochaines applis sur notre page facebook



amazonkindle

Google Apps

iPhone

universcience présente

cité des sciences & de l'industrie

EXPO

HABITER DEMAIN

RÉ-INVENTONS NOS LIEUX DE VIE

4 DÉC. 2012>10 NOV. 2013

Ⓜ Porte de la Villette

cite-sciences.fr

En partenariat avec

